

Asko Niinimäki

Työkalumateriaalien valinta aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökalujen suunnittelussa

A-Helat Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Asko Niinimäki

Työn nimi: Työkalumateriaalien valinta aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökalujen suunnittelussa

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2012 Sivumäärä: 53 Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön tilaajana on A-Helat Oy. Tutkimus on toteutettu yrityksen työkalusuunnittelun näkökulmasta. A-helat Oy valmistaa muun muassa teräsnauhasta aihioleikkauslinjalla leikattavia sekä epäkeskopuristimilla työstettäviä metallituotteita. Yritys suunnittelee tarvitsemansa tuotantotyökalut ja valmistuttaa ne alihankintatyönä.

Työkalujen valmistuksessa käytettävien teräsmateriaalien valinta on keskeinen osa-alue valmistettavien terästuotteiden laadunvarmistusprosessissa. A-helat Oy:n käyttämät alihankintayritykset ostavat työkaluvalmistukseensa tarvitsemansa teräksen pääosin kahdelta eri työkaluterästoimittajalta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitkä työkaluteräsmateriaalit soveltuvat parhaiten A-helat Oy:n suunnittelemien työkalujen valmistamiseen, millainen valintaprosessi tuottaisi kokonaisedullisimman ratkaisun sekä minkälaisilla työpiirustusten materiaalimerkinnöillä saavutettaisiin työkaluvalmistajasta riippumattomat työpiirustukset.

Materiaalivalintoihin ja työpiirustusmerkintöihin vaikuttavien tekijöiden selvittämisessä käytettiin A-helat Oy:n käyttämien työkaluvalmistajien tärkeimpien työkaluterästoimittajien julkaisemia tuotetietoja, materiaalivalintaohjeistuksia sekä työkaluteräksiä ja terästen normimerkintöjä koskevia standardeja. Lisäksi tutkittiin materiaalien valintaa käsittelevää kirjallista aineistoa sekä tehtiin neljä asiantuntijahaastattelua.

Tutkimuksen tärkeimpänä tuloksena oli tutkimuksen pohjalta laadittu A-Helat Oy:n tuotantotyökaluihin soveltuvien työkaluterästen luettelo. Lisäksi tutkimus tuotti tietoa työkalumateriaalien valintaan liittyvistä ongelmista, kuten A-Helat Oy:n työkaluteräksiin liittyvän käyttökokemuksen rajallisuudesta sekä valmiiden valintaprosessien soveltumattomuudesta suoraan yrityksen käyttöön.

Avainsanat: materiaalitekniikka, työkaluteräokset, materiaalivalinta, puristintyökalut

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Asko Niinimäki

Title of thesis: Selecting materials as part of designing the slab cutting and eccentric press tools

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2012 Number of pages: 53 Number of appendices: 1

The commissioner of this thesis is A-Helat Oy. This research was made from the tool design's point of view. A-Helat manufactures different kinds of steel products of steel strip using the eccentric press machines. The company designs all needed production tools it needs and orders them from the subcontractors.

Selecting the materials which are to be used in the tool manufacturing is important for the quality assurance of the ready steel products. The subcontractors mainly use two different tool steel suppliers.

The goal of this thesis was to find out which tool steel materials are suitable for manufacturing tailored tools for A-Helat Oy. Also it has been thought how to attach the material information to the technical drawings without them being conditional to the tool manufacturers.

The product specifications published by the most important steel suppliers, the material selecting information and the physical properties and standards of the tool steels as were used when figuring out. Also the literature of selecting the material has been studied as well as the interviews with the experts on this matter were carried out.

The most important result of this research is that now the company has the catalogue of the materials that are suitable for their use. Also some problems with selecting the materials were found as there is no practical knowledge of using the tool steels.

Keywords: material technology, tool steels, select of material, eccentric press tools

SISÄLTÖ

| | |
|---|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ | 4 |
| Kuvio- ja taulukkoluetelo..... | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 8 |
| 1 JOHDANTO | 9 |
| 1.1 Työn tausta | 9 |
| 1.2 Työn tavoite ja rajausta | 10 |
| 1.3 Työn rakenne | 10 |
| 1.4 Tilaaajayrityksen esittely | 11 |
| 2 A-HELAT OY:N KÄYTTÄMIEN | |
| EPÄKESKOPURISTINTYÖKALUJEN YLEISESITTELY | 12 |
| 2.1 Aihioleikkaimet | 12 |
| 2.2 Epäkeskopuristintyökalut | 13 |
| 2.2.1 Taivutustyökalut | 13 |
| 2.2.2 Reiänleikkaustyökalut | 14 |
| 2.3 Standardiosien käyttö..... | 14 |
| 2.4 A-Helat Oy:n sisäinen työkalujen standardointi | 14 |
| 2.5 Työstettävät materiaalit | 15 |
| 3 TYÖKALUTERÄSTOIMITTAJAT | 16 |
| 3.1 Uddeholm-konserni | 16 |
| 3.2 Uddeholm Oy Ab:ltä saatavilla olevat kylmätyöterästen tuotetiedot | 17 |
| 3.3 Stén & Co Oy | 17 |
| 3.4 Stén & Co Oy:ltä saatavilla olevat tuotetiedot | 18 |
| 3.5 Muut työkaluteräsvalmistajat | 18 |
| 4 TYÖKALUTERÄKSET | 19 |
| 4.1 Kylmätyöteräkset..... | 19 |
| 4.1.1 Perinteinen kylmätyöteräs | 19 |
| 4.1.2 Jauhemetallurgisesti valmistettu teräs | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2 Työkalujen rakenneosissa käytettävät teräksset..... | 22 |
| 4.3 Standardipistimien ja -tyynyjen materiaalit | 22 |
| 5 TYÖKALUTERÄSVALMISTAJIEN KAUPPANIMIKKEIDEN | |
| VERTAILU NORMIMERKINTÖIHIN..... | 24 |
| 5.1 Materiaalinumero (W.No) | 24 |
| 5.2 Materiaalien kemialliseen koostumukseen pohjautuvat EN-standardin mukaiset materiaalimerkinnot..... | 25 |
| 5.3 Normimerkintöjen käyttö työkaluterästoimittajien kaupananimikkeiden yhteydessä | 26 |
| 6 MATERIAALIOMINAISUUDET JA MATERIAALIVALINTAAN | |
| VAIKUTTAVAT TEKIJÄT | 30 |
| 6.1 Leikkain- ja puristustyökalujen asettamat materiaaliominaisuuksien vaatimukset..... | 30 |
| 6.2 Leikkain- ja puristustyökalujen yleisimmät vauriomekanismit..... | 30 |
| 6.3 Materiaalivalinnan lähtökohdat..... | 33 |
| 7 MATERIAALIEN VALINTAPROSESSIT | 39 |
| 7.1 Materiaalin valintaan liittyvä prosessikuvaus..... | 39 |
| 7.1.1 Tuotteen toimintojen ja tehtävien kartoittaminen..... | 40 |
| 7.1.2 Vaatimusprofiilin luominen | 40 |
| 7.1.3 Valintastrategiasta päättäminen..... | 40 |
| 7.1.4 Karkea esivalinta..... | 41 |
| 7.1.5 Materiaalien ominaisuusprofiilien luominen..... | 41 |
| 8 A-HELAT OY:n TYÖKALUTERÄSMATERIAALIEN VALINTA..... | 44 |
| 8.1 Työkaluterästen valinta | 45 |
| 8.2 Materiaalivalinnan merkitys työkaluhuollon tarpeeseen | 47 |
| 8.3 A-Helat Oy:n käyttöön soveltuvat työkaluteräksset..... | 48 |
| 8.4 Valintaprosessin toteuttaminen | 48 |
| 8.5 Työpiirustusten materiaalimerkinnot..... | 49 |
| 9 POHDINTA | 51 |
| LÄHTEET | 52 |
| LIITTEET | 53 |

Kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Periaatekuva A-Helat Oy:n käyttämien leikkainten rakenteesta. (A-Helat Oy 2012.) | 12 |
| Kuvio 2. Taivutustyökalun periaatekuva. (A-Helat Oy 2012.) | 13 |
| Kuvio 3. Reikien meistämiseen tarkoitetun työkalun perusrakenne ja osien nimitykset. (A-Helat Oy 2012.) | 14 |
| Kuvio 4. Pistimen ja tyynyn kulumisen karbidipitoisuuden funktiona (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].) | 21 |
| Kuvio 5. Iskusitkeyden vertailu. Loveamaton kappale, 7 x 10 x 55 mm. Karkaistu ja päästetty kovuuteen 63 HRC. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].) | 22 |
| Kuvio 6. Materiaalinumeron muodostaminen (SFS-EN 10027-2, 4.) | 25 |
| Kuvio 7. Kemialliseen koostumukseen perustuva seosterästen ($Mn \leq 1 \%$) merkintä, joissa vähintään yhden seosaineen pitoisuus on $\geq 5 \%$ (SFS-EN 10027-1, 38.) | 26 |
| Kuvio 8. Stén & Co Oy Ab:n toimittamien Böhler -työkaluterästen kemialliset koostumukset ja normimerkintöjen vastaavuudet (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].) | 28 |
| Kuvio 9. Analyysirajavertailu eri normien mukaan valmistetuilla teräksillä. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 13.3.2012].) | 29 |
| Kuvio 10. Abrasiivinen kulumismekanismi (Uddeholm Oy Ab 2012 [viitattu 16.4.2012].) | 31 |
| Kuvio 11. Adhesiivinen kulumismekanismi (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 16.4.2012].) | 31 |
| Kuvio 12. Lohkeamisen seurauksena vaurioitunut työväline (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].) | 32 |
| Kuvio 13. Plastisen muodonmuutoksen aiheuttama vaurio (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].) | 33 |
| Kuvio 14. Halkeilusta johtuva työvälinerikko (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 17.4.2012].) | 33 |
| Kuvio 15. Työkalun käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. (Mukailtu: Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 5.3.2012].) | 35 |

| | |
|--|----|
| Kuvio 16. Stén & Co Oy Ab:n toimittamien Böhler -terästen vertailu (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].) | 37 |
| Kuvio 17. Uddeholm Oy Ab:n toimittamien kylmätyöterästen suhteelliset kestävyyydet eri vauriomekanismeja vastaan. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 29.2.2012].) | 38 |
| Taulukko 1. Kemiallisten koostumusten vertailu, HWS/HSS. (Oy Suomen EDM Ab, [viitattu 21.2.2012].) | 23 |
| Taulukko 2. Materiaalien ominaisuuksien painoarvotaulukko. (Koivisto ym. 2008, 252.) | 42 |
| Taulukko 3. Vertailulukujen laskeminen. C_A , C_B ja C_C ovat tuotteen valmistuskustannukset materiaaleista A, B ja C. (Koivisto ym. 2008, 253.) | 43 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|---------------|--|
| DIN | Deutsche Institut für Normung. Saksan standardi-instituutio. |
| EN | Euronormi; yhteiseurooppalainen standardi. |
| HRC | Kovuus Rockwell C-aulukon mukaan. |
| HSS | Suomen EDM Oy:n käyttämä merkintä pikateräksestä valmistetuille standardipistimille ja -tyynyille, SFS 916. |
| HV | Kovuus Vickers'in taulukon mukaan. |
| HWS | Suomen EDM Oy:n käyttämä merkintä kromiseostetusta työkaluteräksestä (Cr 12 %) valmistetuille standardipistimille ja -tyynyille, SFS 908. |
| W. Nr. | Werkstoff-Nummern; DIN-normin mukainen materiaalin yksilöivä juokseva numerointijärjestelmä. Vastaa standardin SFS EN-ISO 10027-2 mukaista materiaalinumeromerkintää |

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tilaajana ovat A-Helat Oy ja tämän työn tekijä toimii kyseisessä yrityksessä muun muassa yrittäjänä, toimitusjohtajana ja työkalusuunnittelijana. Työkalusuunnittelun yhtenä ongelmana on ollut eri työkaluvalmistajien erilaiset työkaluterästen valmistajiin liittyvät käyttötottumukset. Työkaluvalmistajilla on yleensä yksi raaka-ainetoimittaja etusijalla. Työkalujen valmistuttamiseen liittyvien tarjouskyselyiden laatiminen on ollut siitä syystä haasteellista ja piirustusten materiaalimerkinnot eivät ole aina kohdanneet työkaluvalmistajien materiaalitottumusten kanssa.

A-Helat Oy:n työkaluvalmistajina toimivat yhteistyökumppanit käyttävät pääasiassa kahta eri työkaluterästoimittajaa, jotka ovat Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy Ab. Lisäksi on myös sellaisia työkaluvalmistajia, jotka eivät ole sidoksissa kumpaankaan edellä mainituista terästoimittajista, vaan käyttävät mahdollisesti kolmannen osapuolen teräksiä.

Työkaluteräokset ovat erikoisteräksiä, joiden kehitystyö on jatkuvaa. Korkea laatu ja sovellettavuus vaikeisiin käyttäköhteisiin ovat teräsvalmistajien kilpailukeinoja. Tässä opinnäytetyössä esitetyt tavoitteet vaativat tutustumisen molempien työkaluteräsvalmistajien kirjallisiin materiaalitietoihin, vertailun keskenään sekä vertailun myös yleisiin materiaalistandardeihin.

Työkaluterästen moninaisuus on haaste myös materiaalivalintojen tekemiselle. Urautuminen ja vain tiettyjen materiaalinimikkeiden käyttäminen työkalujen erilaisissa sovelluksissa ei takaa aina toimivaa ja kokonaisedullista työkaluratkaisua. Siitä syystä avoin asennoituminen, parempi materiaalitietämys ja selkeä valintamenettely auttavat A-Helat Oy:tä kehittämään työkalusuunnitteluaan ja sen tavoitteita kokonaisedullisempaan suuntaan.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia eri työkaluterästen soveltuvuutta A-Helat Oy:n suunnittelemiin aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökaluihin, laatia työkaluterästen materiaalivalintaan tapauskohtaisesti soveltuva työkalu sekä löytää työkalujen valmistuspiirustuksiin sellainen materiaalimerkintä, joka ei sido valmistusta tiettyyn työkaluvalmistajaan. Tässä opinnäytetyössä ei tulla tarkastelemaan puristintyökaluihin liittyvää geometriaa kuin niiltä osin, jotka vaikuttavat mahdollisesti materiaalivalintoihin ja valmistusmenetelmiin. Lisäksi työkaluterästen lämpökäsittelyyn keskitytään ainoastaan materiaalivalinnan ja valmistettavuuden näkökulmasta. Työkaluterästen vertailussa keskitytään A-Helat Oy:n käyttämien työkaluvalmistajien yleisimpiin terästoimittajiin, jotka ovat Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy Ab. Tässä työssä ei käsitellä työkalujen pinnoitusmenetelmiä ja pinnoitteita vaan tarkoituksena on löytää pinnoittamattomana toimivia työkaluteräsmateriaaleja. Yleisten materiaalimerkintöjen painopiste on EN-standardin mukaisessa sekä materiaalinumeroon (W.No.) pohjautuvassa merkintäjärjestelmässä.

1.3 Työn rakenne

Luvussa kaksi esitellään A-Helat Oy:n käyttämien aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökalujen rakennetta yleisellä tasolla siten, että mielikuvan luominen työn tilaajayrityksen työkaluterästen käyttökohteista ja materiaalitarpeista on mahdollista. Sen jälkeen työssä esitellään tähän opinnäytetyöhön keskeisesti liittyvät materiaalityötoimittajat. Neljännessä luvussa käydään läpi työkaluterästietoa yleisesti sekä materiaalityötoimittajien työkaluteräsnimikkeitä niiltä osin kuin ne ovat soveltuvia työn tilaajan tarpeisiin. Viidennessä luvussa keskitytään yleisiin materiaalien normimerkintöihin ja merkintäjärjestelmiin sekä vertaillaan työkaluteräsvalmistajien kaupananimikkeiden ja normimerkintöjen yhtenevyyttä. Kuudennen luvun pääkohdat ovat materiaalien ominaisuuksien vertailu ja materiaalivalinnan lähtökohdat. Luvussa seitsemän esitellään sovellettavissa oleva materiaalien valintaprosessi. Kahdeksannessa luvussa esitellään työn tulokset. Viimeisessä eli yhdeksännessä luvussa pohditaan työn aikana eteen tulleita ongelmia sekä uusia tutkimusmahdollisuuksia jatkokehityksen näkökulmasta.

1.4 Tilaajayrityksen esittely

A-Helat Oy on helmikuussa 2010 perustettu yritys, jonka päätoimialana on metallituotteiden valmistus ja 3D-suunnittelu. Yritys sijaitsee Ähtärissä ja se työllistää kaksi henkilöä. Perustamisen yhtenä lähtökohtana on ollut henkilöstön kymmenien vuosien kokemuksen hyödyntäminen vastaavanlaisista tehtävistä. Tuotannon painopiste on epäkeskopuristimilla valmistettavissa tuotteissa, kuten teräsovien sara-noissa, erilaisissa kiinnityskomponenteissa ja tukipaloissa sekä muissa teräsrainoista valmistettavissa tuotteissa. Yritys käyttää pääraaka-aineena kylmävalssattua teräsnauhaa sekä jonkin verran myös ruostumatonta teräsnauhaa.

3D-suunnittelun pääpaino on omaan käyttöön tulevien puristintyökalujen suunnittelussa ja mallinnuksessa sekä valmistuspiirustusten tekemisessä. Suunnitteluohjelmistoa käytetään hyväksi myös tuotesuunnittelussa ja tuotteiden mallintamisessa sekä niiden piirustusten laatimisessa. Suunnittelu- ja mallinnustyön myyminen yrityksen ulkopuolelle on myös mahdollista.

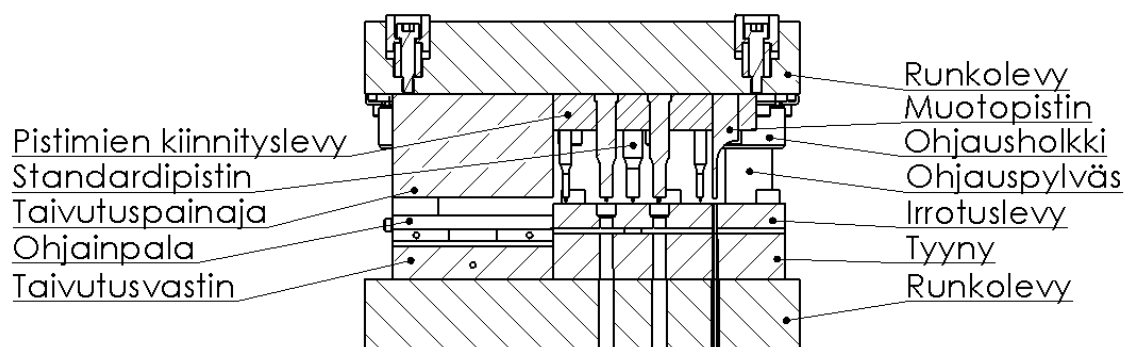
A-Helat Oy valmistuttaa tuotannossaan tarvitsemansa omaan suunnitteluunsa pohjautuvat aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökalut alihankintana pääsääntöisesti neljällä eri työkaluvalmistajilla. Valmistajan valintaan ovat vaikuttaneet lähinnä hinta ja toimitusaika.

2 A-HELAT OY:N KÄYTTÄMIEN EPÄKESKOPURISTINTYÖKALUJEN YLEISESITTELY

Tässä luvussa esitellään A-Helat Oy:n käyttämien aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökalujen rakenne yleisellä tasolla. Ensimmäisenä on aihioleikkaintyökalu, joka on tarkoitettu aihioleikkauslinjalla käytettäväksi jonoleikkain-tyyppiseksi työkaluksi. Niin sanotut epäkeskopuristintyökalut ovat lähinnä kertaiskutoimiseen, vaihetyöhön tarkoitettuja työkaluja epäkeskopuristimille. Esittelyn tarkoituksena on luoda kuva työkaluterästen käyttökohteista A-Helat Oy:n näkökulmasta.

2.1 Aihioleikkaimet

A-Helat Oy:n käyttämät aihioleikkaimet ovat pääsääntöisesti jonoleikkaimia. Työkalujen massat vaihtelevat 60 - 100 kg:n välillä. Yleensä ne ovat neljällä ohjauspylväällä varustettuja. Alla olevassa kuviossa 1. on esitetty leikkainten periaatteellinen rakenne. Leikkainten koko ja aktiiviosat vaihtelevat valmistettavan tuotteen tai tuoteaihion mukaan.



Kuvio 1. Periaatekuva A-Helat Oy:n käyttämien leikkainten rakenteesta. (A-Helat Oy 2012.)

Leikkainten rakenteeseen kuuluu lähes aina valmistettavasta tuotteesta tai tuoteaihiosta riippumatta, ohjauspylväät ja -holkit sekä tapauskohtaisesti erilaisia pistimiä, tyynyjä, taivuttimia, vastimia, ohjaimia, muotoon puristuselementtejä sekä pistimien kiinnitys- ja irrotuslevyjä. Tyynyjen rakenne voi olla suunniteltu standar-

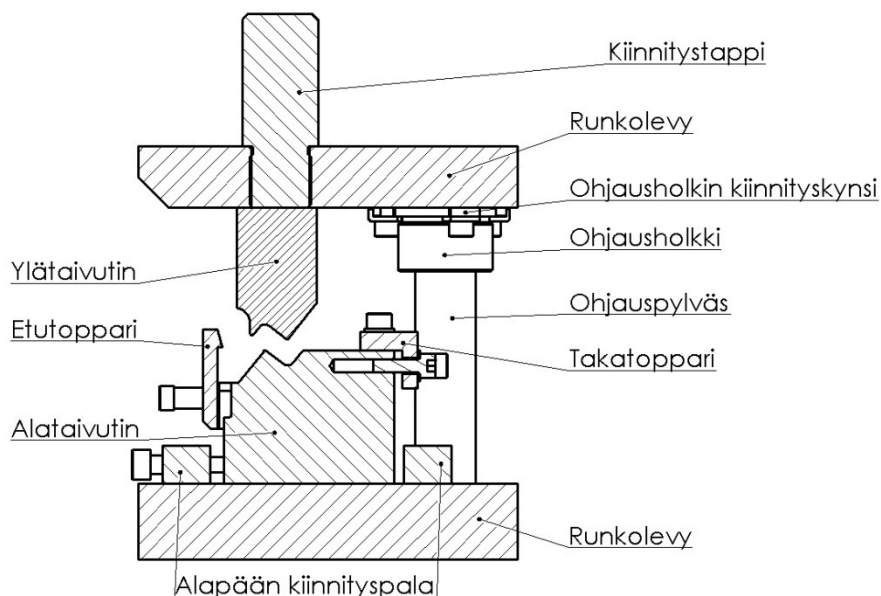
divaihtotyynyillä tai yksittäisenä tyynyosana, jossa reiät ja leikattavat muodot on tehty suoraan työkaluteräsmateriaaliin.

2.2 Epäkeskopuristintyökalut

A-Helat Oy:n käyttämät epäkeskopuristintyökalut ovat kooltaan leikkaimia pienempiä. Kyseisten työkalujen massat vaihtelevat 15 - 35 kg:n välillä. Työkalujen ylä- ja alarunkolevyn keskinäinen ohjaus on toteutettu pääsääntöisesti kahden ohjauspylvään avulla. Epäkeskopuristintyökaluja käytetään taivutuksiin, rei'ityksiin, muotoon puristamiseen ja erilaisiin kalibrointitarpeisiin.

2.2.1 Taivutustyökalut

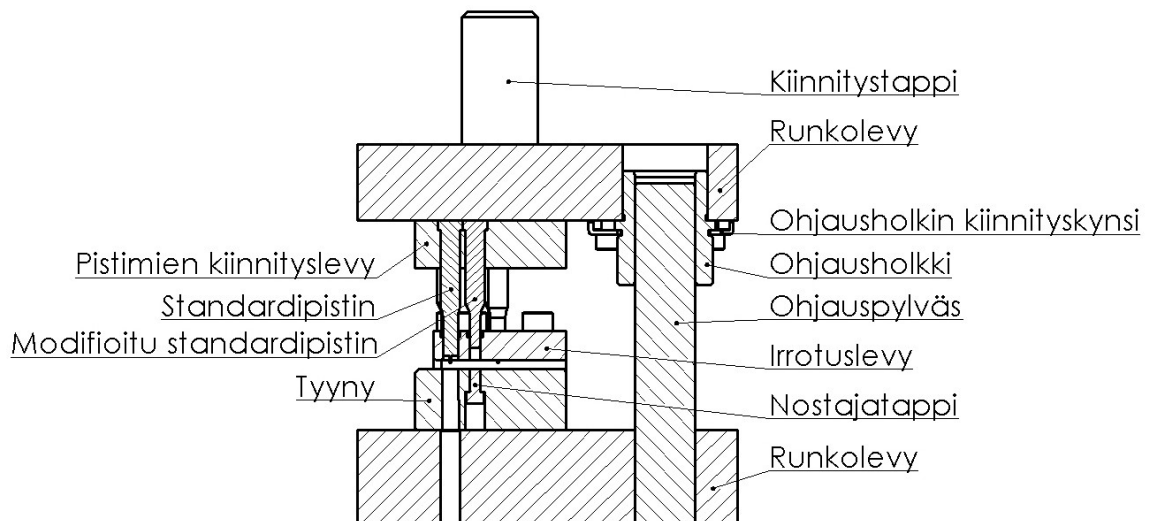
Taivutustyökaluja käytetään kylmävalssatusta teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä leikattujen aihoiden taivuttamiseen. Yhdellä iskulla taivutetaan yksi tai useampi särmä riippuen valmistettavasta tuotteesta. Kuviossa 2. on esitetty periaatekuva taivuttamiseen käytettävästä työkalusta.



Kuvio 2. Taivutustyökalun periaatekuva. (A-Helat Oy 2012.)

2.2.2 Reiänleikkaustyökalut

Reikien meistämisessä käytettävät työkalut valmistetaan joko standardin mukaisilla vaihtotyynyillä tai erikoistapauksissa ilman standardiosia. Menetelmä riippuu reikien muodoista ja niiden sijainnista. Kuviossa 3. on esitetty eräs reikien meistämiseen tarkoitettu työkalu.



Kuvio 3. Reikien meistämiseen tarkoitetun työkalun perusrakenne ja osien nimitykset. (A-Helat Oy 2012.)

2.3 Standardiosien käyttö

A-Helat Oy pyrkii hyödyntämään valmiita standardiosia suunnittelemisissaan työkaluissa aina, kun se on mahdollista. Standardiosien käytön etuja ovat muun muassa komponenttien edullisuus, osien vaihtokelpoisuus ja varastoitavien työkaluvaraosien nimikkeiden väheneminen. Yleisimmin käytettyjä standardiosia ovat työkalurungot ohjauselementteineen, pelkät ohjauselementit eli ohjausholkit ja -pylväät sekä reikäpistimet ja vaihtotyyny.

2.4 A-Helat Oy:n sisäinen työkalujen standardointi

Yrityksen sisäisellä työkalujen standardoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaisten työkaluosien suunnittelun yhtenäistämistä, joita ei ole saatavana valmiina

standardiosina. Sisäisen standardoinnin keinoja ovat muun muassa vakiomateriaalien käyttö niissä kohteissa, joihin se on sovellettavissa. Lisäksi työkaluterästoimittajien varastokokojen hyödyntäminen mahdollisimman laajamittaisesti edistää sisäistä standardointia. Työkaluosien vaihtokelpoisuus saavutetaan pääosin standardireikäpistimien ja -vaihtotyynyjen avulla, joissakin tapauksissa on mahdollista hyödyntää vaihtokelpoisuutta myös muiden osien kohdalla. Olemassa olevien erikoisosien hyödyntäminen uusien työkalujen suunnittelussa on myös joissakin tapauksissa mahdollista. Sisäisellä standardoinnilla saavutettavia etuja ovat muun muassa asetusajkojen lyheneminen, varaosanimikkeiden määrän väheneminen sekä varaosien tilaamisen ennustettavuuden parantuminen. Asetusaikoja voidaan lyhentää valitsemalla työkalujen kiinnityselementteinä toimivat runkolevyt vakio-korkuisiksi ja pituus-/leveyssuunnassa vakiokokoisiksi. Lisäksi työkalujen kokonaiskorkeuden ja tarvittavan iskunpituuden vakioinnilla pyritään asetusajkojen lyhentämiseen.

2.5 Työstettävät materiaalit

A-Helat Oy käyttää tuotteidensa materiaalina pääasiassa DC01 laadun kylmävalssattua teräsnauhaa (90 %). Toisena materiaalina yrityksellä on käytössä austeniittisestä ruostumattomasta teräksestä (W.No. 1.4301) valmistettu kylmävalssattu teräsnauha. DC01 laadun nauhan murtolujuus (R_m) vaihtelee 230 - 520 N/mm² välillä. Vastaava vaihtelu ruostumattomassa nauhassa on 250 - 600 N/mm².

3 TYÖKALUTERÄSTOIMITTAJAT

A-Helat Oy suunnittelee tuotannossaan käyttämänsä aihioleikkain- ja epäkeskopu-ristintyökalut itse. Työkalujen valmistus tapahtuu alihankintana eri toimijoilla. Täs-ssä luvussa esitellään A-Helat Oy:n välillisesti eniten käyttämät kaksi eri työkalute-rästoimittajaa, jotka ovat Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy. (A-Helat Oy 2012.)

Työkaluterästoimittajien valintaan vaikuttaa voimakkaasti eri työkaluvalmistajien käyttötottumukset, mikäli haluttua kauppanimikettä ei ole määritelty riittävän tar-kasti työpiirustukseen. (Mäenpää 2012.)

3.1 Uddeholm-konserni

Uddeholm-konsernin historia ulottuu 1600-luvulle. Ensimmäinen teräksen valmis-tukseen keskittynyt tehdas on perustettu vuonna 1668 Ruotsin Stjärnforsiin ”Ud-deholms Bruk” -nimellä. Tällä hetkellä Uddeholmin tärkein tuotantolaitos sijaitsee Hagforsissa, joka on perustettu vuonna 1873. Uusien valmistusmenetelmien hyö-dyntämisen myötä yrityksestä on tullut eräs johtavimpia uusien innovatiivisten te-räslajien ja teräksen valmistusteknologian kehittäjiä. Vuonna 1945 on perustettu erillinen markkinoinnista vastaava ASSAB (Associated Swedish Steel AB). Sen myötä yritys on kasvattanut markkinoita erityisesti Kaakkois-Aasiassa. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 16.2.2012].)

Uddeholm-konserni on liitetty osaksi Böhler-Uddeholm-konsernia vuonna 1991. Uddeholm-Böhler-konsernista on tullut vuonna 2007 osa itävaltalaisista voestalpine -konsernia. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 16.2.2012].)

Lindforsin (2012) mukaan tähän työhön liittyvät Uddeholmin työkaluteräokset val-mistetaan Hagforsin tuotantolaitoksessa, jossa toimii myös tuotekehitys ja tes-tausyksikkö. Tuotekehitystoiminnan päätavoitteena on löytää jatkuvasti parempia materiaaleja. Myös materiaalien koneistettavuuden parantamiseen kiinnitetään huomiota. Eräänä tärkeänä tehtävänä onkin testata materiaalien koneistettavuutta sekä dokumentoida parhaat mahdolliset terämateriaalit ja koneistusarvot asiakkai-den käyttöön. (Lindfors 2012.)

Uddeholm Oy Ab on Uddeholm-konsernin suomalainen myyntiyhtiö. Yhtiön liiketoiminta perustuu oman, Uddeholm-konsernin valmistamiin erikoisteräksiin ja palveluihin. Uddeholm Oy Ab:lla on ollut toimintaa yli 60 vuotta. Yhtiön päätuotteet ovat työvälineiden valmistuksen ja koneenrakennuksen vaativimpien kohteiden teräkset, kulutusta kestävät- ja rakenneteräslevyt sekä muut teräkset. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 16.2.2012].)

3.2 Uddeholm Oy Ab:ltä saatavilla olevat kylmätyöterästen tuotetiedot

Uddeholm Oy Ab:lla on tarjolla kylmätyöteräksistä kattavat tuotetiedot sekä sähköisessä, että painetussa muodossa. Liitteessä 1. on esimerkki Uddeholm Sverker 21 -teräksen tuotekortista. Tuotekortti on saatavilla Uddeholm Oy Ab:n verkkosivuilta osoitteesta <http://www.uddeholm.fi/finnish/2094.htm>, kohdasta "Uddeholm Sverker 21 -tekniset tiedot". Materiaalikohtaiset tuotetiedot vaihtelevat jonkin verran. Tuotetiedoissa on kerrottu materiaalista yleisesti, kuten ohjeanalyysi, käyttöön liittyviä ominaisuuksia, merkintöjen vastaavuudet, toimitustila ja niin edelleen. Lisäksi tuotekorteista löytyy esimerkkejä käyttökohteista. Myös fysikaaliset ominaisuudet, lämpökäsittelyohjeet, lastuamisohjeet, hitsausohjeet sekä kipinätyöstöohjeet ovat tuotekorteissa esillä. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 16.2.2012].)

3.3 Stén & Co Oy

Vuodesta 1932 toiminut Stén & Co Oy on perheyriyys, jonka tarjontaan kuuluu kokonaisvaltainen osaaminen erikoisteräksissä sekä niiden lämpökäsittelyissä ja sahauspalveluissa. Yrityksen palveluihin kuuluvat työkaluterästen myynti, muiden erikoisterästen myynti, asiantuntijapalvelu materiaalivalinnasta lämpökäsittelyyn ja edelleen valmiiseen tuotteeseen saakka. Asiakaskunnan pääpaino on kotimaassa toimivissa metalli- ja konepajateollisuudessa. Stén & Co Oy:llä on teräspalvelukeskus Nurmijärvellä, jossa sijaitsee varasto ja sahauspalvelut. Yrityksellä on oma karkaisimo Keski-Suomessa, Muuramessa. Konserniin kuuluu myös tytäryhtiöt Tallinnassa ja Pietarissa. Stén & Co Oy:n kokonaismyynti vuonna 2009 oli 24,3 miljoonaa euroa. (Stén & Co Oy, [viitattu 20.2.2012].)

3.4 Stén & Co Oy:ltä saatavilla olevat tuotetiedot

Yrityksen terästuotteet on jaoteltu kolmeentoista tuoteryhmään, joista kylmätyöteräkset, pikateräkset ja rakenneteräkset ovat tämän opinnäytetyön kannalta oleelliset. Kyseisten materiaalien tuotetiedot ovat saatavilla sekä sähköisesti että perinteisenä tuoteluettelonä. Saatavilla olevat tuotetiedot kattavat kemiallisen koostumuksen, normivastaavuudet, esimerkkejä yleisimmistä käyttökohteista, lämpökäsittelyohjeet sekä fysikaaliset ominaisuudet. (Stén & Co Oy, [viitattu 20.2.2012].)

3.5 Muut työkaluteräsvalmistajat

Muita työkaluteräsvalmistajia ei nimetä tarkemmin tässä yhteydessä. Muiden terästoimittajien toimittamat teräkset tulevat kyseeseen tilattaessa työkaluja tai niiden osia satunnaisilta työkaluvalmistukseen liittyviltä yhteistyökumppaneilta, joilla ei ole sidoksia edellä mainittuihin työkaluterästoimittajiin. Materiaalien määritykset esitetään työkalujen tai niiden osien tilauksen yhteydessä, kuten esimerkiksi Raaka-ainekäsikirjassa (2001, 285) on esitetty. Työkaluterästen tilauksissa käytetään materiaalinumerotunnusta tai vastaavasti kemialliseen koostumukseen liittyvää merkintää. Piirustuksiin tarvittava merkintä tehdään vastaavaa tilauksiin käytettävää merkintää hyödyntäen lisättynä vaaditun kovuuden merkinnällä. Merkintä olisi esimerkiksi "1.2379 kovuus 58...61 HRC" tai "X155CrVMo12 1 kovuus 58...61 HRC". (Raaka-ainekäsikirja 2001, 285.)

4 TYÖKALUTERÄKSET

Tässä luvussa esitellään yleisesti työkaluteräksiä ja niiden tarkempaa jaottelua. Standardi SFS-EN ISO 4957, Työkaluteräket, määrittelee työkaluteräket seuraavasti, *”Materiaalien työstämiseen tai valmistamiseen sekä työkalupaleiden käsittelyyn ja mittaamiseen soveltuvia erikoisteräksiä, joilla on näihin käyttötarkoituksiin soveltuva suuri kovuus ja kulumiskestävyys ja/tai sitkeys”*. Standardi jakaa työkaluteräket edelleen kolmeen pääryhmään; kylmätyöteräksiin, kuumatyöteräksiin ja pikateräksiin (SFS-EN ISO 4957, 6-8.)

4.1 Kylmätyöteräket

Standardin (SFS-EN ISO 4957,8) mukainen tarkennus kertoo kylmätyöteräksistä seuraavaa: *”Seostamattomia tai seostettuja työkaluteräksiä käyttökohteisiin, joissa pintalämpötila on yleensä alle 200 °C”*.

Stén & Co Oy:n erittelyn mukaan kylmätyöteräket toimitetaan yleensä pehmeäksi hehkutettuina ja ne ovat seostettuja erikoisteräksiä. Teräksiä käytetään yleensä karkaistuin. Tärkeimmät seosaineet ovat hiili (C) ja kromi (Cr) sekä molybdeeni (Mo), vanadiini (V) ja wolframi (W). Hiili muodostaa muiden lisäaineiden kanssa karbideja. Kylmätyöterästen kovuus ja lujuus perustuu pääasiassa martensiitin kovuuteen. Hiilipitoisuuden kasvaessa martensiitin kovuus kasvaa, joten hiilipitoisuus on kylmätyöteräksillä yleensä korkea. Niistä valmistettujen työkalujen käyttölämpötila on yleensä alle 200 °C. Sopivalla lämpökäsittelyllä ja seosaineiden oikealla valinnalla on mahdollista tavoittaa parhaiten sopivat ominaisuudet jokaiseen käyttökohdesovellukseen. (Stén & Co Oy, [viitattu 21.2.2012].)

4.1.1 Perinteinen kylmätyöteräs

Perinteisesti valmistettujen työkaluterästen valmistusprosessi alkaa korkealaatuisen valikoidun rautaromun sulatuksella valokaariuunissa. Uuniin lisätään romuraukka-aineen sekaan kuonaa muodostavia aineita sekä rautaseoksia. Sulatuksen jäl-

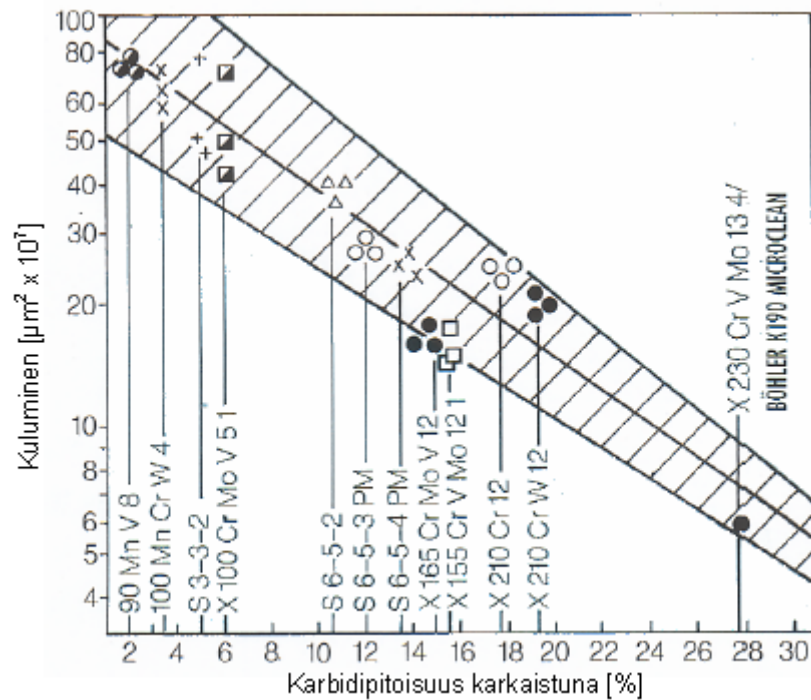
keen sekundäärimetallurginen käsittely tapahtuu senkkauunissa. Valmistusprosessin seuraava vaihe tapahtuu tyhjökäsittelyllä, jossa sulaan puhalletaan kaasua. Sen tarkoituksena on poistaa sulasta kuonasulkeumat ja rikki sekä alentaa happi-, vety- ja typpipitoisuuksia. Prosessin viimeisenä vaiheena sula teräs valetaan parhaan tuloksen saavuttamiseksi suljettuna altavaluna. Valuprosessi vaatii tarkan sulan metallin lämpötilavalvonnan, jotta sulkeumia ja suotautumia ei synny. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

Perinteisesti valmistetut kylmätyöteräkset toimivat monissa eri työkalusovelluksissa. Vaativampien kohteiden ollessa kyseessä, tuotekehitys on kuitenkin johtanut uudelleen sulatettujen ja jauhemetallurgisesti valmistettujen terästen käyttöön. (Sten & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

4.1.2 Jauhemetallurgisesti valmistettu teräs

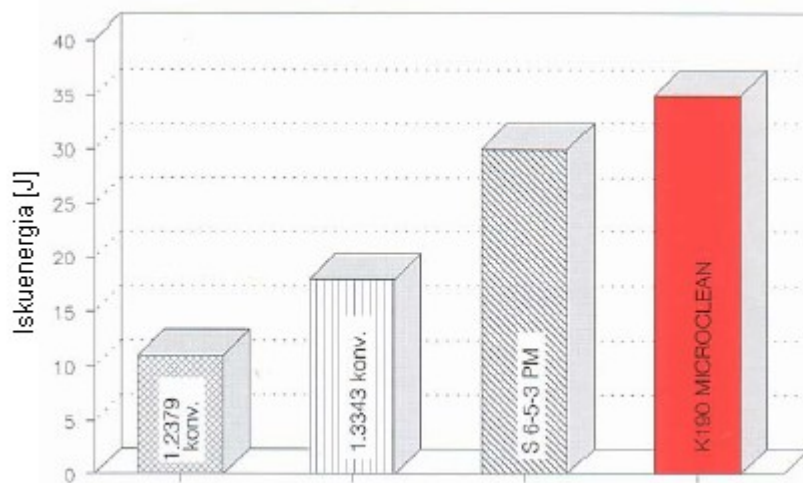
Jauhemetallurgisesti valmistetun työkaluteräksen valmistusprosessi poikkeaa perinteisen työkaluteräksen valmistuksesta. Prosessin viimeisissä vaiheissa sulana valuvaan metalliin puhalletaan typpikaasua, jolloin metallista syntyy kooltaan 50 - 100 µm pulverirakeita. Pulverirakeet pakataan metallikapseleihin. Pulverin tiivistys tapahtuu suurella paineella korkeassa lämpötilassa. Isostaattisessa puristimessa tapahtuva metallin tiivistyminen aiheuttaa täysin tasalaatuisen ja kiinteän rakenteen materiaalille. Valmiissa teräksessä on erittäin alhainen määrä ei-metallisia sulkeumia ja se on mekaanisilta ominaisuuksiltaan parempi verrattuna perinteisiin työkaluteräksiin. Valmistusmenetelmä takaa homogeenisemmän mikrorakenteen teräkselle, joka tarkoittaa sitä, että pienet karbidit ovat tasaisesti levinneinä materiaalissa. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

Jauhemetallurgisesti valmistetun teräksen ominaisuudet poikkeavat perinteisesti valmistetusta työkaluteräksestä muun muassa karbidipitoisuuden osalta. Kuviossa 4. on esitetty vertailu karbidipitoisuuden vaikutuksesta pistimien ja tyynyjen kulumiseen. Esimerkki kuvaa Böhler K190 Microclean -teräksen, jonka karbidipitoisuus on 28 %, kulumiskestävyyttä joihinkin pikateräksiin ja perinteisiin työkaluteräksiin verrattuna. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)



Kuvio 4. Pistimen ja tyynyn kulumisen karbidipitoisuuden funktiona. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

Jauhemetallurgisesti valmistettujen terästen vahvuutena ovat homogeeninen koostumus ja pienikokoiset karbidit tasaisesti jakaantuneena. Tasalaatuisuuden johdosta teräksellä on isotrooppiset ominaisuudet. Valmistusmenetelmän avulla teräkselle on saavutettavissa hyvä sitkeys sekä suuri puristuslujuus, joka vastaa pikaterästen puristuslujuutta. Kuviossa 5. on esitetty vertailu Böhler K190 Microclean -teräksen iskusitkeydestä verrattuna 1.2379, 1.3343 ja S6-5-3PM -teräksiin. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)



Kuvio 5. Iskusitkeyden vertailu. Loveamaton kappale, 7 x 10 x 55 mm. Karkaistu ja päästetty kovuuteen 63 HRC. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

4.2 Työkalujen rakenneosissa käytettävät teräkset

Työkalujen rakenneosissa, kuten runkolevyissä, irrotuslevyissä ja pistimien kiinnityslevyissä, voidaan käyttää Stenin (2012) mukaan yleisiä rakenneteräksiä, kuten S355, C45 ja C60. Myös valmiiksi esihioittuja levyjä kyseiseen käyttöön on saatavilla esimerkiksi laadussa EHR2175, Sten jatkaa. Vuorenmaan (2012) näkemys on Stenin kanssa yhtenevä, koska hänen mielestään normaalit rakenneteräksetkin ovat toimivia ratkaisuja esikoneistettuina laattoina muun muassa työkalun runkolevyissä. Mikäli epäillään pistimien kantojen painuvan runkolevyyn, voidaan pistimien kantojen alle valmistaa karkaistut painelevyt Vuorenmaa (2012) jatkaa. Lindfors (2012) on suositellut runko-, kiinnitys- ja ohjainlevyjen materiaaliksi UHB11:ta ja FORMAX lajikkeita. Mäenpään (2012) mukaan työkalun rakenneosien materiaaleina toimivia ovat UHB11 runko-, ohjaus- ja kiinnityslevyissä sekä IMPAX SUPREME kiinnityslevyissä.

4.3 Standardipistimien ja -tyynyjen materiaalit

Yleisimmät materiaalit standardipistimille ja vaihtotyynyille ovat HWS (12 % kromiseostettu työkaluteräs) sekä HSS (pikateräs HS6-5-2). Materiaalien erot johtuvat suurimmalta osin seostuksesta, joka on esitetty taulukossa 1, sekä pistimien ja

tyynyjen toimituskovuuksissa. HWS materiaalista valmistetut pistimet ja tyynyt ovat kovuudeltaan pääsääntöisesti luokkaa HRC 62±2, kun HSS materiaalilla vastaava kovuus on HRC 64±2. Pistimien kantaosien kovuus on arvoltaan noin HRC 12 - 15 pistimen muuta osaa alhaisempi. Kannan alhaisemmalla kovuudella on saatu aikaan parempi sitkeys. (Oy Suomen EDM Ab, [viitattu 21.2.2012].)

Taulukko 1. Kemiallisten koostumusten vertailu, HWS/HSS. (Oy Suomen EDM Ab, [viitattu 21.2.2012].)

| | C | Si | Mn | P+S | Cr | Mo | V | W |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| HWS | 1,550 | 0,300 | 0,300 | 0,030 | 12,000 | 0,700 | 1,000 | |
| HSS | 0,900 | 0,450 | 0,400 | 0,030 | 4,100 | 5,000 | 1,800 | 6,400 |

HSS-materiaalin käyttökohteet eroavat HWS-materiaalin käyttökohteista jonkin verran. Pikateräksestä valmistettujen pistimien ja tyynyjen käytön edut korostuvat leikattaessa kovia teräksiä, kuten jousiterästä, pinnoitettuja teräksiä ja abrasiivista kulumista aiheuttavaa paperia ja muoveja. HWS materiaalin käyttöalueet ovat hiili-terästen, seostettujen terästen, ei ferriittisten metallien sekä paperin ja muovin leikkaamisessa. (Fibro, [Viitattu 21.2.2012].)

Vuorenmaan (2012) mukaan HSS-materiaalista valmistetut standardipistimet ja standardityynyt ovat yleisesti ajatellen kestävämpiä ja useampaan käyttösovellukseen toimivampia kuin HWS pistimet ja tyynyt. Heidän valmistamissaan työkaluissa käytetään pääsääntöisesti HSS-materiaalista valmistettuja standardipistimiä ja -standardityynyjä Vuorenmaa (2012) jatkaa.

Standardissa SFS-EN ISO 4957 (1999, 8) pikateräksillä ymmärretään ”*Pääasiassa työstössä ja muovauksessa käytettäviä teräksiä, joilla on niiden kemiallisen koostumuksen perusteella suurin kuumakovuus ja päästönkestävyys lämpötilaan 600 °C asti*”. Eli HSS materiaalia voidaan käyttää menestyksellisesti myös kuumatyösovelluksissa. (SFS-EN ISO 4957. 1999, 8.)

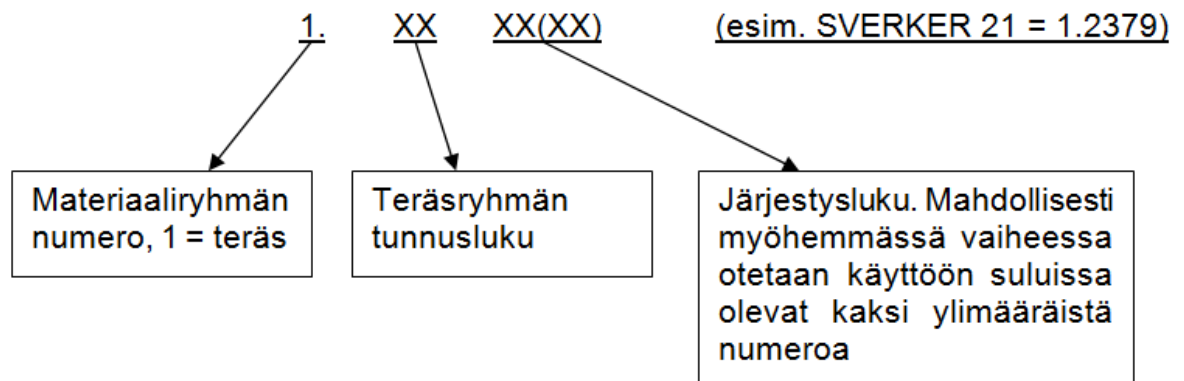
5 TYÖKALUTERÄSVALMISTAJIEN KAUPPANIMIKKEIDEN VERTAILU NORMIMERKINTÖIHIN

Tässä luvussa selvitetään materiaalinumeron (W.No) ja EN-standardin mukaisten merkintöjen periaatteet sekä vertaillaan valittujen terästoimittajien kylmätyö- ja rakenneterästen kauppanimikkeitä kyseisten normien mukaisiin merkintöihin. Normimerkintöjen vastaavuudet ovat valmistajien ilmoittamia.

5.1 Materiaalinumero (W.No)

Standardissa SFS-EN 10027-2 kerrotaan materiaalinumeron periaatteesta seuraavaa: ”Jokainen numerotunnus vastaa vain yhtä teräslajia. Vastaavasti jokaisella teräslajilla on vain yksi numerotunnus. Tietylle teräkselle annettua numerotunnusta ei periaatteessa voi käyttää millekään toiselle teräslajille.” Standardissa kerrotaan myös, että peruste uuden materiaalinumeron määrittämiselle ei ole se, että teräsvalmistaja käyttää omassa tuotannossaan pienempiä seosaineanalyysin raja-arvoja kuin standardi määrittelee. Numerotunnuksen myöntäminen edellyttää teräslajin ominaisuuksien merkittävää poikkeamaa jokaisen muun teräslajin ominaisuuksista, joille numerotunnus on jo myönnetty. Numerotunnukset myöntää European Registration Office. (SFS-EN 10027-2, 4; 10.)

Materiaalinumeron rakenne esitellään standardissa SFS-EN 10027-2. Numerotunnus koostuu materiaalityypin numerosta, teräsrakenteen tunnusluvusta ja järjestysluvusta. Kuviossa 6. on esitetty, kuinka materiaalinumero muodostetaan. Järjestysluvussa on standardin mukaan toistaiseksi kaksi numeroa. Myöhempää käyttöä varten lukuun on varattu kaksi ylimääräistä numeroa, jotka otetaan käyttöön siinä vaiheessa, kun tietyn teräsrakenteen materiaalien määrä ylittää käytettävissä olevien järjestyslukujen määrän. (SFS-EN 10027-2, 4.)



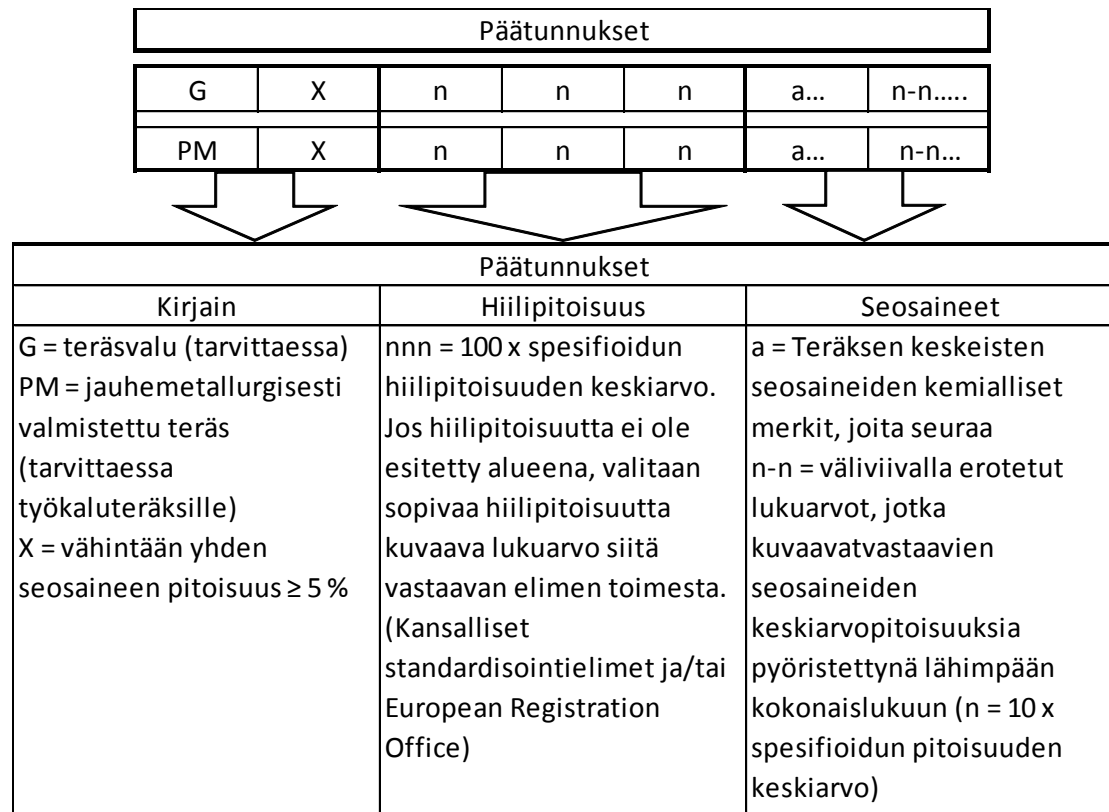
Kuvio 6. Materiaalinumeron muodostaminen. (SFS-EN 10027-2, 4.)

5.2 Materiaalien kemialliseen koostumukseen pohjautuvat EN-standardin mukaiset materiaalimerkinnät

Materiaalien kemialliseen koostumukseen perustuva merkintäjärjestelmä on kuvattu standardissa SFS-EN 10027-1 (2005, 4). Standardissa kerrotaan, että ”Nimikkeet muodostuvat tunnuskirjaimista ja -numeroista siten, että ne lyhyessä muodossa yksiselitteisesti kuvaavat teräksen sovelluskohteen ja keskeiset ominaisuudet, kuten mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet”. Standardin soveltamisalan määrittämisessä kerrotaan myös, että ”Näitä sääntöjä voidaan soveltaa standardoimattomiin teräksiin”.

Nimikemerkinnät on luokiteltu kahteen luokkaan. Luokan 1. merkintä perustuu teräksen käyttötarkoitukseen sekä mekaanisiin tai fysikaalisiin ominaisuuksiin. Luokan 2. merkintä perustuu teräksen kemialliseen koostumukseen. Tässä yhteydessä tarkastellaan luokan 2. merkintätapaa. (SFS-EN 10027-1, 6.)

Seuraavassa esitetään ruostumattomille teräksille ja muille seosteräksille, paitsi pikateräksille, tarkoitettu kemialliseen koostumukseen (luokka 2.) perustuva merkintätapa. Merkintä koskee teräksiä, joiden seosainepitoisuus on vähintään yhden aineen kohdalla $\geq 5\%$. Kuviossa 7. on esitetty standardin mukaisen merkinnän rakenne niiltä osin, kuin se on teräsvalmistajien vastaavuustaulukoissa työkaluteräksille merkitty.



Kuvio 7. Kemialliseen koostumukseen perustuva seosterästen ($Mn \leq 1\%$) merkintä, joissa vähintään yhden seosaineen pitoisuus on $\geq 5\%$. (SFS-EN 10027-1, 38.)

Hiilipitoisuuden jälkeen ilmoitettavien muiden seosaineiden järjestys määräytyy niiden pitoisuuksien mukaan alenevassa järjestyksessä. Mikäli seosainepitoisuus on kahdella tai useammalla seosaineella sama, niin merkintäjärjestys määräytyy aakkostuksen mukaisesti. Seosterästen nimikkeet pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä. Joidenkin kirjainten ja numeroiden jättäminen pois on mahdollista, jos sekaantumisen varaa muihin vastaaviin seosteräksiin ei ole. (SFS-EN 10027-1, 38.)

5.3 Normimerkintöjen käyttö työkaluterästoimittajien kauppanimikkeiden yhteydessä

Uddeholm'in (2011, 93) tuoteluettelon taulukossa on esitetty 32 työkaluteräsnimikettä. Niistä kaksitoista on sellaisia, joille on annettu materiaalinumeron mukainen vastaavuus. Lisäksi neljän materiaalin kohdalla on yhtäläisyyttä vastaavaan mate-

riaalinumeron mukaiseen tuotteeseen vain osittain. EN-normin mukaista merkintää on käytetty vain yhdentoista materiaalin yhteydessä.

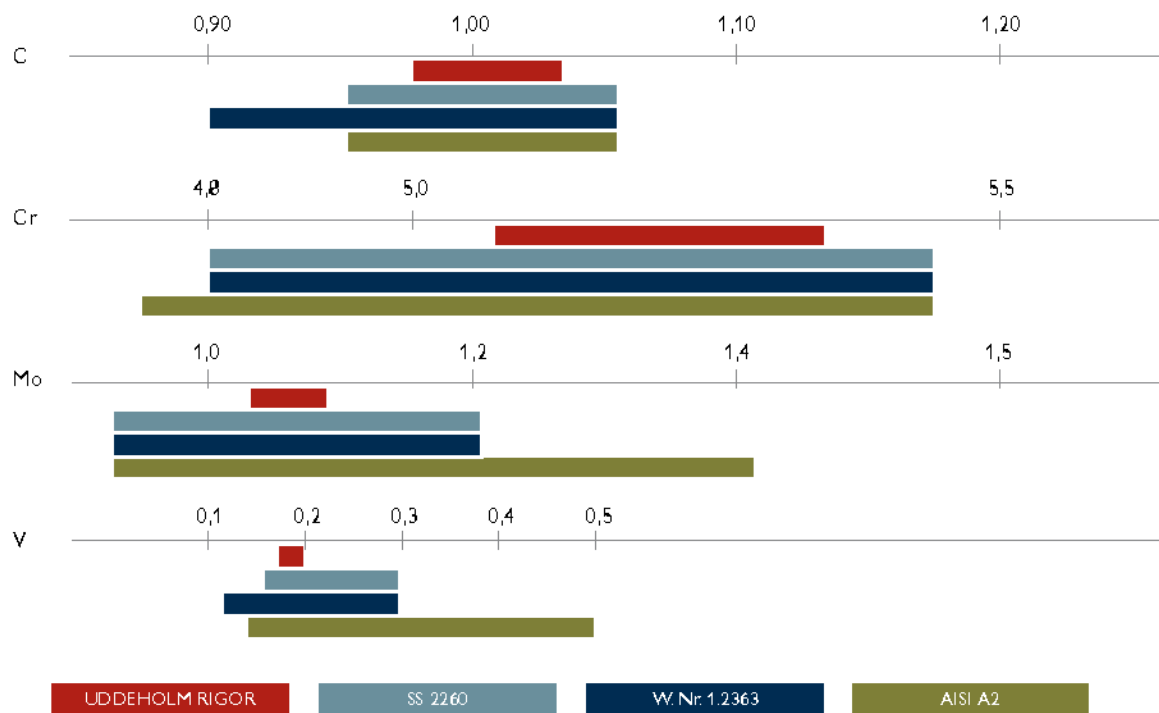
Kuviossa 8. on taulukko Stén & Co Oy Ab:n toimittamien työkaluterästen koostumuksista ja normivastaavuuksista. Kyseisessä taulukossa käytetään DIN-standardin mukaista merkintää kemialliseen koostumukseen perustuvassa merkinnässä. Merkintä vastaa standardin SFS-EN 10027-1 mukaista merkintää. Joidenkin materiaalien kohdalla materiaalinumeron vastaavuuden edessä on noin -merkki (~), eli vastaavuus ei ole täydellinen.

| TERÄSRYHMÄ | Böhler laatu | Kemiallinen koostumus % | | | | | | DIN | AISI |
|------------------|---------------------|-------------------------|------|------|------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | C | Cr | Mo | V | W | Muuta | | |
| Pikateräkset | S 390 MICROCLEAR | 1,60 | 4,80 | 2,00 | 5,00 | 10,50 | Co 8,00 | – | – |
| | S 590 MICROCLEAR | 1,30 | 4,20 | 5,00 | 3,00 | 6,30 | Co 8,40 | – | – |
| | S 690 MICROCLEAR | 1,33 | 4,30 | 4,90 | 4,10 | 5,90 | – | – | M 4 |
| | S 790 MICROCLEAR | 1,30 | 4,20 | 5,00 | 3,00 | 6,30 | – | ~ 1.3344 – S 6-5-3 | M 3 Class 2 |
| | S 600 | 0,90 | 4,1 | 5,0 | 1,8 | 6,4 | – | 1.3343 S 6-5-2 | ~ M 2 Reg. C |
| Kylmätyöteräkset | K 100 | 2,00 | 11,5 | – | – | – | – | 1.2080 X 210 Cr 12 | – D 3 |
| | K 105 | 1,60 | 11,5 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | – | 1.2601 X 165 CrMoV 12 | – |
| | K 107 | 2,10 | 11,5 | – | – | 0,7 | – | 1.2436 X 210 CrW 12 | – D 6 |
| | K 110 | 1,55 | 11,5 | 0,7 | 1,0 | – | – | 1.2379 X 155 CrVMo 12 1 | D 2 |
| | K 190 MICROCLEAR | 2,30 | 12,5 | 1,1 | 4,0 | – | – | ~1.2380 X 220 CrVMo 13 4 | – |
| | K 305 | 0,98 | 5,10 | 1,0 | 0,18 | – | – | 1.2363 X 100 CrMoV5 1 | –A 2 |
| | K 306 | 0,51 | 5,00 | 1,4 | 1,40 | – | – | 1.2345 X 50 CrVMo 51 | – |
| | K 329 | 0,52 | 7,9 | 1,4 | 0,35 | – | – | – | – |
| | K 340 | 1,10 | 8,3 | 2,1 | 0,5 | – | Al 1,1 Nb 0,13 | – | – |
| | K 455 | 0,63 | 1,1 | – | 0,18 | 2,0 | – | 1.2550 60 WCrV 7 | ~S 1 |
| | K 460 | 0,95 | 0,5 | – | 0,12 | 0,55 | Mn 1,2 | – 1.2510 100 MnCrW 4 | O 1 |
| | K 510 | 1,18 | 0,7 | – | 0,1 | – | – | 1.2210 115 CrV 3 | – |
| | K 600 | 0,45 | 1,3 | 0,25 | – | – | Ni 4,0 | 1.2767 X 45 NiCrMo 4 | – |
| | K 605 | 0,53 | 1,0 | 0,2 | – | – | Ni 3,1 | –1.2721 50 NiCr 13 | – |
| | EHR 2172 | 0,20 | – | – | – | – | – | 1.0570 St 52-3 | – |
| | EHR 1650 | 0,45 | – | – | – | – | – | 1.1730 C45W | – |
| | K 990 | 1,05 | – | – | – | – | – | 1.1545 C105W 1 | W 1 |

Kuvio 8. Stén & Co Oy Ab:n toimittamien Böhler -työkaluterästen kemialliset koostumukset ja normimerkintöjen vastaavuudet. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

Kaikille työkaluteräksille ei löydy normivastaavuuksia. Toisaalta normimerkintöjen seosaineiden analyysiraja-arvot voivat olla laajemmat kuin tiettyjen valmistajien omat raja-arvot. Kuviossa 9. on esitetty esimerkki Uddeholm Oy Ab:n toimittaman Rigor-kauppanimikkeen analyysiraja-arvot verrattuna ruotsalaisen SS-, saksalaisen W.No- sekä amerikkalaisen AISI normia vastaavan materiaalin raja-arvoihin. Materiaalien tasalaatuisuus eri valmistuserien välillä on sitä parempi, mitä pie-

nempi on eri seosaineiden raja-arvojen vaihteluväli (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 14.3.2012].)



Kuvio 9. Analyysirajavertailu eri normien mukaan valmistetuilla teräksillä. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 13.3.2012].)

6 MATERIAALIOMINAISUUDET JA MATERIAALIVALINTAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tässä luvussa perehdytään leikkain- ja puristustyökalujen asettamiin työkaluterästen ominaisuusvaatimuksiin sekä työkalujen yleisiin vauriomekanismeihin. Lisäksi tarkastellaan työkaluteräsvalmistajien materiaaliominaisuuksien suhteellisia vertailutaulukoita.

Työkaluterästen oikean valinnan merkitys korostuu asetettujen vaatimusten myötä. Kokonaistaloudellisesti parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi on löydettävä ja käytettävä parhaiten soveltuvaa työkaluteräsmateriaalia suunniteltavaan työkalusovellukseen. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 29.2.2012].)

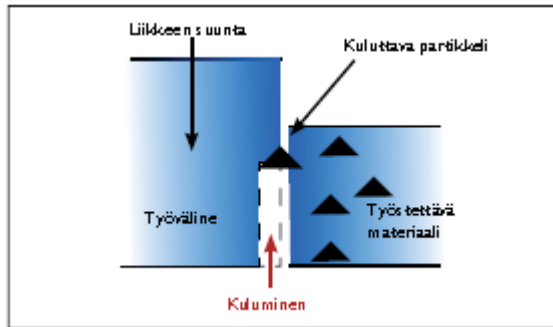
6.1 Leikkain- ja puristustyökalujen asettamat materiaaliominaisuuksien vaatimukset

Työkalun käyttäjän näkökulmasta tärkeimmät työkaluteräksiltä vaadittavat ominaisuudet ovat suuri puristuslujuus sekä riittävä sitkeys ja kulutuskestävyys. Lisäksi työkaluvalmistajalle merkittäviä ominaisuuksia ovat helppo työstettävyys sekä lämpökäsittelyn yhteydessä mittojen pitävyys. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 21.2.2012]).

6.2 Leikkain- ja puristustyökalujen yleisimmät vauriomekanismit

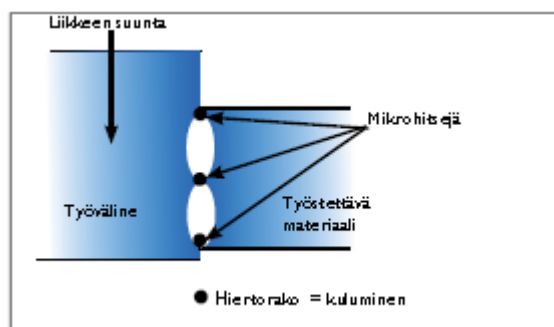
Yleisimpiä leikkain- ja puristustyökalujen vauriomekanismeja ovat kuluminen, syöpyminen, lohkeilu, plastinen muodonmuutos sekä halkeilu/rikkoutuminen.

Kuluminen voi tapahtua kolmen eri mekanismin seurauksena, joita ovat abrasiivinen-, adhesiivinen- ja sekakuluminen. Abrasiivinen kuluminen tapahtuu leikattavan materiaalin kovuuden tai sen sisältämien kovien partikkeleiden aiheuttamana. Kovat partikkelit kuluttavat työkalun pintaa. Kuviossa 10. on esitetty Abrasiivinen kulumismekanismi. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 16.4.2012].)



Kuvio 10. Abrasiivinen kulumismekanismi. (Uddeholm Oy Ab 2012 [viitattu 16.4.2012].)

Adhesiivista kulumista aiheuttavat leikattavan materiaalin sitkeys, kiinnitarttuvuus ja tahmaisuus. Pistimen ja leikattavan materiaalin välille syntyy työstön aikana mikrohitsejä, jolloin heikommasta materiaalista irtoaa hiukkasia toiseen materiaaliin. Pehmeillä ja tahmaisilla materiaaleilla adhesiivinen kuluminen aiheuttaa leikattavan materiaalin syöpmistä kiinni työvälineen pintaan ja se voi johtaa työkalun halkeiluun. Toisaalta työvälinemateriaalista voi siirtyä ainetta myös työstettävään materiaaliin, joka aiheuttaa työvälineen pintaan mikroripeämiä. Mikroripeämien seurauksena saattaa olla työvälineen lohkeaminen. Yleisimmin adhesiivista kulumista esiintyy työstettäessä austeniittista ruostumatonta terästä, alumiinia, kuparia tai niukkahiillistä terästä. Adhesiivisen kulumisen mekanismi on esitetty kuviossa 11. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 16.4.2012].)



Kuvio 11. Adhesiivinen kulumismekanismi. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 16.4.2012].)

Abrasiivisen ja adhesiivisen kulumisen lisäksi voidaan kolmantena kulumismekanismina eritellä vielä sekakuluminen. Sekakuluminen edellyttää, että ensiksi tapahtuu adhesiivista kulumista. Sekakuluminen on vallitseva kulumismekanismi, jos adhesiivisen kulumisen seurauksena pistimestä tarttuu kovia karbidihiukkasia leikkattavaan materiaaliin, jotka kuluttavat pistimen pintaa työjakson aikana. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].)

Työvälineen lohkeamisen syynä on yleensä väsymisestä johtuva hiushalkeama tai adhesiivinen kuluminen. Hiushalkeaman tai adhesiivisesta kulumisesta johtuvan repeämän pohjalle syntyy jännityshuippu, jonka seurauksena murtuma etenee nopeasti ja työvälineestä irtoaa pala. Lohkeilun vaaraa voidaan vähentää valitsemalla materiaali, jonka vetositkeys on parempi. Kuviossa 12. on kuva työvälineestä, jossa on tapahtunut lohkeaminen. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].)



Kuvio 12. Lohkeamisen seurauksena vaurioitunut työväline. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].)

Plastinen muodonmuutos johtuu liian alhaisesta työkalun kovuudesta suhteessa työstettävän materiaalin kovuuteen. Sen vaaraa voidaan vähentää perinteisesti valmistettujen työkaluterästen osalta valitsemalla työkalumateriaalille riittävä käyttökovuus. Liiallinen kovuus vaikuttaa kuitenkin materiaalin sitkeysominaisuuksiin heikentävästi, joten kovuus on määritettävä oikealle tasolle. Kuviossa 13. on kuva pistimestä, jossa on tapahtunut plastista muodonmuutosta. Plastista muodonmuutosherkkyyttä voidaan vähentää myös valitsemalla jauhemetallurgisesti valmistettu teräs, jossa karbidien koko on saatu valmistusmenetelmän avulla pienemmäksi ja vastaavasti sitkeysominaisuudet ovat huomattavasti paremmat myös suuremmilla käyttökovuuksilla. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 16.4.2012].)



Kuvio 13. Plastisen muodonmuutoksen aiheuttama vaurio. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 17.4.2012].)

Halkeilu on yhtäkkinen tapahtuma, jossa työväline rikkoutuu varoittamatta. Halkeaminen johtuu yleensä työvälineen geometriasta, kuten liian pienistä säteistä työvälineen muotoilussa tai terävistä nurkista. Työstömenetelmät voivat myös aiheuttaa halkeilun. Esimerkiksi hionta- ja työstöjäljet aiheuttavat jännityskeskittymiä, joista halkeaminen saa alkunsa. Halkeiluherkkyyttä voidaan vähentää alentamalla työvälineen kovuutta, valitsemalla mikrorakenteeltaan sitkeämpi aine tai kiinnittämällä huomiota työstöjälkiin. Kuviossa 14. on esitetty kuva halkeamisen aiheuttamasta työvälinerikosta. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 2012].)



Kuvio 14. Halkeilusta johtuva työvälinerikko. (Uddeholm Oy Ab, [viitattu 17.4.2012].)

6.3 Materiaalivalinnan lähtökohdat

Materiaalivalinnan lähtökohtana erityisesti leikkaintyökalujen pistin ja tyynymateriaalia valittaessa on vallitseva vauriomekanismityyppi. Työvälineteräksen valinnan ensimmäisessä vaiheessa on jätettävä muut vauriomekanismityypit huomioitta kulumista lukuun ottamatta. Kulumistyyppejä ovat abrasiivinen- ja adhesiivinen sekä sekakuluminen. Kulumistyyppiin vaikuttavat työstettävä materiaali, sen kovuus ja siinä olevat kovat partikkelit. Kulumistyyppin määrittely on käytettävän kylmätyöteräksen valinnan tärkein vaihe. Plastisen muodonmuutoksen ja lohkeilun

vaaraan vaikuttaa puolestaan käyttösovellus, valmistettavan työkaluosan geometria sekä työstettävän materiaalin kovuus ja paksuus. Nämä seikat määräävät sen vaaditaanko käytettävältä materiaalilta suurta kovuutta ja/tai suurta sitkeyttä. Halkeilu on vauriomekanismeista arvaamattomin ja se aiheuttaa yleensä suurimmat vauriokustannukset. Halkeaminen ei yleensä varoita ennakkoon vaan se tapahtuu varoittamatta. Pistimestä tai tyynystä voi irrota halkeilun seurauksena pala, joka voi aiheuttaa koko työkalun rikkoutumisen. Halkeilun vaaraa voi vähentää pienentämällä materiaalin kovuutta tai valitsemalla mikrorakenteeltaan parempi aine. Paremman aineen valitseminen on suositeltavampaa kuin kovuuden laskeminen, koska alhainen kovuus voi aiheuttaa muita ongelmia. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 21.2.2012].)

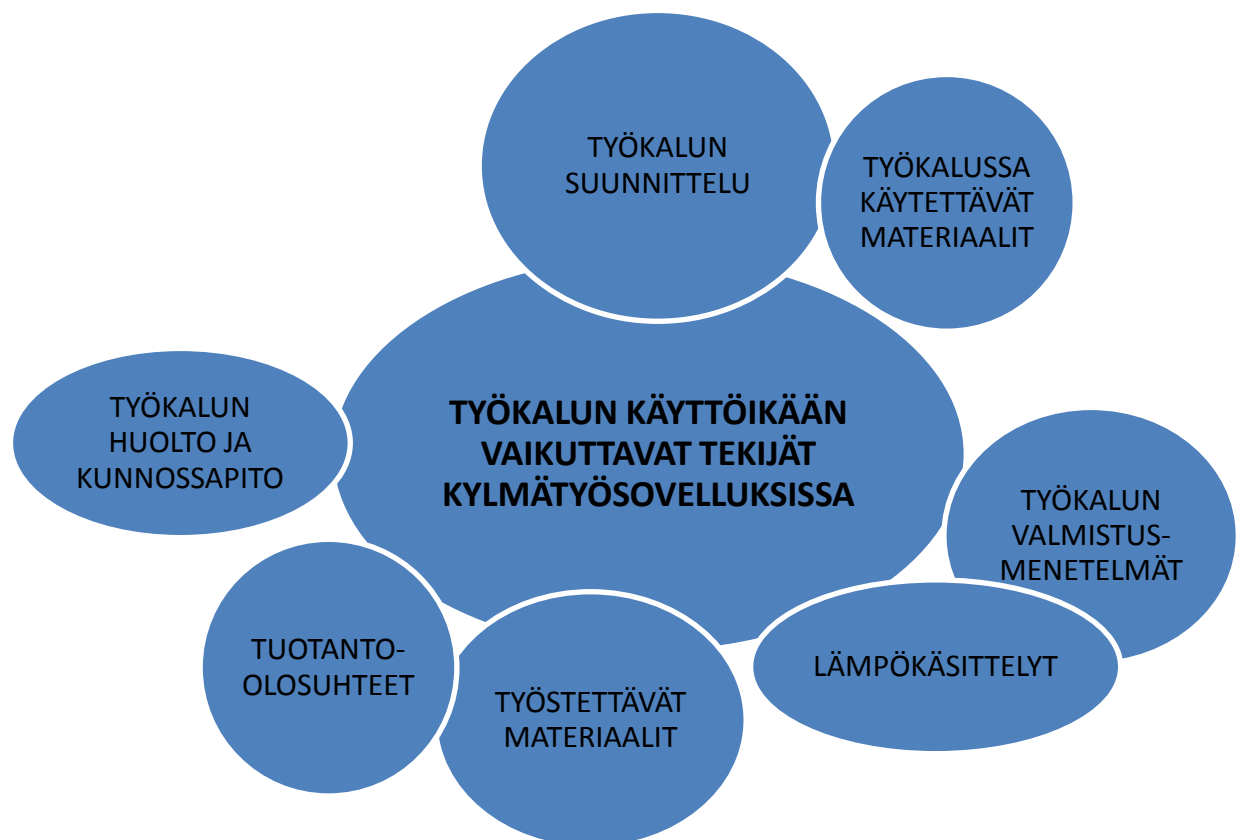
Materiaalivalintoihin vaikuttavat myös valmistussarjojen koot. Pienten sarjakokojen ollessa kyseessä materiaaleiksi soveltuvat perinteisesti valmistetut kylmätyöteräkset. Pidemmille valmistussarjoille on suositeltavaa käyttää korkealaatuisempia teräksiä, joilla voidaan vähentää työkaluhuollon tarvetta ja tuotannon keskeytyksiä. Valmistussarjojen pituuden määrittämisessä käytetään kokemukseen perustuvaa määritelmää. Usein alle 100 000 kpl:n sarjakokoa pidetään lyhyenä sarjana, 100 000 – 1 000 000 kpl:n sarja on keskipitkä sarja ja yli 1 000 000 kpl on pitkä valmistussarja. Valmistussarjan kokoon perustuvassa valinnassa käytettävät materiaalit jaetaan suorituskyvyltään alemman-, keskiluokan ja parhaan laadun teräksiin. Jokaisessa teräsluokassa on useita teräksiä, joiden lopullinen valinta tehdään vauriomekanismien perusteella. Yleisohjeen perusteella valinnassa pyritään rajoittamaan halkeilu ja lohkeilu mahdollisimman vähiin kulumiskeston kustannuksella. Painopisteen siirto lohkeilusta ja halkeilusta kulumiseen auttaa ennakoimaan työkalun huollon tarvetta sekä osien uusimista, koska kulumisen tapahtuu pikkuhiljaa. Parhaat perusteet materiaalien valinnalle on saatavissa kokemuksen perusteella. (Uddeholm Oy Ab 2012, [Viitattu 5.3.2012].)

Stén & Co Oy Ab:n (2012) mukaan oikein tehty materiaalin valinta ja asianmukainen lämpökäsittely eivät takaa leikkaustyökalulle parasta mahdollista kestoikää. Työkalun konstruktiolla, työkalun stabiililla kiinnityksellä puristimeen sekä oikein ajoitetulla työkalun huollolla on myös suuri merkitys. Leikkaavat pistimet ja tyynyt tulisi teroittaa riittävän aikaisessa kulumisen vaiheessa. Lisäksi työkalun kes-

toikään vaikuttavat huomattavasti työstettävän materiaalin paksuus ja toimitustila. Toimitustilalla tarkoitetaan materiaalin lujuutta, mikrorakennetta sekä raekokoa (Stén & Co Oy Ab [viitattu 5.3.2012].)

Vuorenmaan (2012) mukaan perinteisesti valmistettujen kylmätyöterästen, kuten K110, K460 ja K600, toimivuus on hyvä monissa leikkain- ja puristustyökalusoveluksissa. K110 käytön osuus heidän valmistamissaan työkaluissa (pistimet ja tyynt) on noin 90 %. Erityisen vaativissa kohteissa on käytetty jauhemetallurgisesti valmistettuja teräksiä. Lämpökäsittelyllä voidaan vaikuttaa työkaluosan sitkeyteen alentamalla päästön jälkeistä kovuutta, jos leikattavat materiaalit sitä edellyttävät. (Vuorenmaa 2012)

Kuviossa 15. on esitetty Uddeholm Oy Ab:n näkemys työkalun kestoikään vaikuttavista tekijöistä, jotka ovat yhdenmukaiset Stén & Co Oy Ab:n näkemysten kanssa.



Kuvio 15. Työkalun käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. (Mukailtu: Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 5.3.2012].)

Leikkain- ja puristustyökalut ovat kestävyys- ja käyttöominaisuuksien näkökulmasta monien eri tekijöiden summa. Työkaluhuollon ja kunnossapidon merkitys on yksittäisenä tekijänä huomattava. Erityisesti leikkaintyökaluissa huoltoon liittyvään työkalun teroitukseen kannattaa kiinnittää huomiota. Jos työkalua käytetään liian pitkään ennen teroittamista, on seurauksena pistimien ja tyynyjen liiallinen kuluminen. Pistimistä ja tyynyistä voidaan joutua hiomaan useita millimetrejä ainetta pois ennen kuin kuluneisuus saadaan poistettua. Parhaaseen tulokseen päästään teroittamalla työkalu siinä vaiheessa, että hionnan tarve on vain 0,1 - 0,4 mm. (Vuorenmaa 2012.)

Lankasahattavien työkaluosien materiaalivalinnoissa on kiinnitettävä huomiota materiaalin lankasahattavuuteen. Se tarkoittaa sitä, että materiaalin tulisi olla hyvin päästönkestävää, jolloin voidaan käyttää korkeampaa päästölämpötilaa. Korkeamman päästölämpötilan käytön etuna on yleisen jännitystason aleneminen. Lankasahausta tulisi suorittaa vaiheittain siten, että karkeatyöstön jälkeen ainakin yksi sahaus suoritetaan hienotyöstöllä (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 5.3.2012].)

Työkalumateriaalin hinnan vaikutus työkalun kokonaishintaan on suhteellisen vähäinen. Heikompilaatuisia materiaaleja käytettäessä kustannukset voivat lisääntyä esimerkiksi valmistettavuuden, työkalun rikkoutumisen, työkaluhuollon lisääntymisen sekä tuotantokatkojen johdosta. Työkaluissa käytettävän materiaalin keskimääräinen kustannus työkalun kokonaiskustannuksesta on noin 10 – 15 %. Vastaava luku on alle 1 %, jos kustannuksia tarkastellaan tuotannossa olevassa työkalussa. (Uddeholm Oy Ab. 2011, 82.)

Kuviossa 16. on esitetty Stén & Co Oy Ab:n työkaluterästen suhteellinen ominaisuuksien vertailu kulutuskestävyyden, sitkeyden, koneistettavuuden ja lämpökäsittelyssä tapahtuvan mittojen pitävyyden näkökulmasta. Huomionarvoista on, että kulutuksen kesto on vertailussa yhtenä, eri kulumismekanismeja huomioon ottamattomana, osatekijänä.

| BÖHLER laatu | Kulutuksen kesto | Sitkeys | Koneistettavuus | Mittojen pitävyys lämpökäsittelyssä |
|------------------|---------------------|---------|-----------------|--|
| K 100 | | | | |
| K 105 | | | | |
| K 107 | | | | |
| K 110 | | | | |
| K 190 MICROCLEAN | | | | |
| K 305 | | | | |
| K 306 | | | | |
| K 329 | | | | |
| K 340 | | | | |
| K 455 | | | | |
| K 460 | | | | |
| K 510 | | | | |
| K 600 | | | | |
| K 605 | | | | |
| EHR 1650 | | | | |
| K 990 | | | | |

Kuvio 16. Stén & Co Oy Ab:n toimittamien Böhler -terästen vertailu. (Stén & Co Oy Ab, [viitattu 29.2.2012].)

Uddeholm Oy Ab:n perinteisesti- ja jauhemetallurgisesti valmistettujen kylmätyöterästen suhteellisten materiaaliominaisuuksien vertailutaulukko on esitetty kuviossa 17. Vertailtavat ominaisuudet on jaettu yllä olevaa Stén & Co Oy Ab:n taulukkoa tarkemmin. Vertailussa ovat mukana kovuuden suhde plastiseen venyvyyteen, abrasiivisen- ja adhesiivisen kulumisen kestävyys sekä väsymiskestävyys, joka on jaettu lohkeilun sekä halkeilun kestävyteen. Lisäksi koneistettavuus on jaettu las-
tuttavuuteen ja hiottavuuteen.

| UDDEHOLMIN TERÄS | Lastut- tavuus | Hiotta- vuus | Mitän- pitävyys | Kovuus/ plastinen venyvyys | Kulumiskestävyys | | Väsymiskestävyys | |
|---------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------|
| | | | | | Abra- siivinen | Adhe- siivinen | Lohkeilu | Halkeilu |
| CALDIE | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| RIGOR | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| SLEIPNER | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| SVERKER 3 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| SVERKER 21 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| UNIMAX | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| VANADIS 4 Extra | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| VANADIS 6 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| VANADIS 10 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| VANADIS 23 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |
| VANCRON 40 | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ |

Kuvio 17. Uddeholm Oy Ab:n toimittamien kylmätyöterästen suhteelliset kestävyyydet eri vauriomekanismeja vastaan. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 29.2.2012].)

7 MATERIAALIEN VALINTAPROSESSIT

Tässä luvussa käsitellään materiaalivalintaan liittyvää prosessia yleisesti. Työkaluteräksiä valittaessa on tärkeitä tuntea työkalun asettamat vaatimukset ja vastavasti materiaalien kyky vastata näihin vaatimuksiin.

Tuotteen suunnitteluprosessin yhtenä tärkeänä osa-alueena on materiaalin valinta. Se on jatkuvaa prosessimaista kehitystyötä eikä se ole näin ollen kertaluonteinen tapahtuma. Materiaalit kehittyvät jatkuvasti ja uusia materiaaleja tulee markkinoille jatkuvasti. Valmistusmenetelmien ja ominaisuuksien kehittyminen asettaa yhä vaativampia haasteita materiaalivalintojen kanssa työskenteleville henkilöille. Materiaalin valinta ei enää ole yksistään riittävä tehtävä. Lähes yhtä merkittävässä osassa on valitun materiaalin käsittelytila. Haluttujen ominaisuuksien tavoittaminen ei välttämättä onnistu pelkän materiaalivalinnan turvin. (Koivisto ym. 2008, 248.)

Materiaalien valintaprosessi on monitasoinen kokonaisuus. Prosessin alkuvaiheessa materiaalien joukko voi olla suurikin. Alkuvaiheen tarkoituksena on löytää mahdolliset materiaaliryhmät. Jatkovaiheissa materiaalien joukko pienenee ja yksittäisten materiaalivaihtoehtojen ominaisuuksien tietämys korostuu. Materiaalien valintaan liittyvältä työkalulta odotetaan, että se kattaa koko prosessin tarvekartoituksesta lopulliseen valintaan. Kuten edellä on viitattu, lopullisella valinnalla tarkoitetaan valintahetken parhaaseen tietämykseen perustuvaa valintaa. Uudelleen prosessointi voi tulla kyseeseen uusien ja parempien materiaalien tullessa markkinoille. Valintaprosessin päätavoitteena on löytää paras materiaalivaihtoehto, joka täyttää tuotteelle asetetut vaatimukset. (Koivisto ym. 2008, 249.)

7.1 Materiaalin valintaan liittyvä prosessikuvaus

Materiaalien valintaprosessin rakenne on porrasmainen tapahtumaketju. Prosessin porrasmainen rakenne koostuu eri vaiheista, joidenka aikana on selvitettävä materiaalin valintaa liittyviä seikkoja. Tällaisia ovat muun muassa seuraavat asiat:

- pitää kartoittaa tuotteen toiminnot ja tehtävät
- pitää laatia vaatimusprofiili

- on päätettävä valintastrategia
- on tehtävä materiaalien esivalinta
- on laadittava ominaisuusprofiili
- vaatimukset ja ominaisuudet on kyettävä sovittamaan yhteen
- valitusta materiaalista pitää tehdä tuote tai mahdollinen proto
- on seurattava tuotteen käyttöä
- tarvittaessa on pystyttävä materiaalin uudelleenarviointiin ja palattava valintaprosessissa siihen vaiheeseen, että korjausliike on mahdollinen.

(Koivisto ym. 2008, 249.)

7.1.1 Tuotteen toimintojen ja tehtävien kartoittaminen

Työkalujen osien näkökulmasta tuotteen tehtävien ja toimintojen määrittämiseen liittyvät leikattava tai muokattava materiaali, työkalun toimintaperiaate (leikkaus, taivutus, muotoon puristus, yms.), käsiteltävän tuotteen tai aihion koko, työkaluosan geometria ja mahdollinen valmistusmenetelmä. Toimintojen ja tehtävien tarkoitus on selventää vaatimusprofiilin laadintaa. (Koivisto ym. 2008, 249 - 250.)

7.1.2 Vaatimusprofiilin luominen

Vaatimusprofiiliin tulisi sisältää kaikki tuotteelle asetetut vaatimukset, joita aiheuttavat muun muassa tuotteen toiminnot, käyttöympäristö ja valmistusmenetelmät. Vaatimusprofiilin laatimisessa voidaan käyttää kokemuspohjaista tietoa harkinnan mukaan. Profiilin tuloksena saadaan vaatimuslista, jonka valitun materiaalin tulisi täyttää. (Koivisto ym. 2008, 249.)

7.1.3 Valintastrategiasta päättäminen

Materiaalin valinnassa on huomattava merkitys sillä, millaista tuotetta ollaan laadullisesti tekemässä. Tuotteen edullinen hankintahinta tarkoittaa yleensä käytön aikaisten kustannusten nousua. Elinjaksokustannusten analyysin tekeminen on suositeltava vaihtoehto valintastrategiaa päätettäessä. (Koivisto ym. 2008, 251.)

7.1.4 Karkea esivalinta

Materiaalien karkean esivalinnan tarkoituksena on rajata vaihtoehtoisten materiaalien joukkoa siten, että niiden jatkotarkastelu olisi järkevissä mittasuhteissa. Kaikki selkeästi toimimattomat materiaalit jäävät jatkotarkastelun ulkopuolelle. (Koivisto ym. 2008, 251.)

7.1.5 Materiaalien ominaisuusprofiilien luominen

Materiaalien ominaisuusprofiilit ovat materiaalikohtaisia. Sen tarkoituksena on kuvata materiaalin kykyä vastata vaatimusprofiilin vaateisiin. Ominaisuusprofiililla haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Minkälaisia ominaisuuksia materiaalilta edellytetään, että asetetut vaatimukset täyttyisivät?
- Mitkä nämä ominaisuudet ovat kyseeseen tulevien materiaalien tapauksessa?
- Kuinka suuri painoarvo kullakin ominaisuudella on?

(Koivisto ym. 2008, 251.)

Ominaisuusprofiilia laadittaessa ensimmäiseksi listataan materiaaleilta vaadittavat ominaisuudet vaatimusprofiilin perusteella. Materiaalien ominaisuuksien vertailu ominaisuuskohtaisesti voidaan tehdä suoraan, jos ominaisuudelle on annettu luku-arvo. Muussa tapauksessa eri materiaalien tarkasteltavana oleva ominaisuus arvioidaan ja laitetaan paremmuusjärjestykseen siten, että parhaiten kyseisen ominaisuuden täyttävälle materiaalille annetaan arvoksi 100 ja heikommin vertailussa pärjäävälle materiaalille pienempi arvo sen mukaan kuinka se täyttää vaatimukset. Joidenkin ominaisuuksien kohdalla on mahdollista määritellä vähimmäisarvo, minkä materiaalin ominaisuuden tulee täyttää. Eräänä arvioinnin keinona voidaan pitää sitä, että ominaisuuden vähimmäisvaatimuksen täytyttyä arvoksi annetaan 100 ja toisaalta, jos vaatimus ei täyty, niin arvoksi annetaan 0 tai arvolla ja sadan väliltä sen mukaan kuinka oleellinen vähimmäisvaatimuksen täytyminen on.

Sen jälkeen, kun materiaalien ominaisuudet on taulukoitu ja arvioitu, tehdään ominaisuuksista painokertoimien määrittämistä varten taulukko. Taulukossa vertailaan aina kahta ominaisuutta keskenään. Mikäli ominaisuudet arvioidaan keskenään samanlaisiksi, voidaan risteävään ruutuun merkitä molempien ominaisuuksien tunnus. Jos vertailun kohteena olevista ominaisuuksista toisen painotus on selkeästi toista tärkeämpi, voidaan ominaisuuden kertoimeksi laittaa esimerkiksi 2xA tai 3xH. Ominaisuutta kuvaavat kirjaimet lasketaan koko taulukosta yhteen ja merkitään kirjainta vastaavaan sarakkeen alle. Taulukossa 2. on esimerkki materiaalien ominaisuuksien painokertoimien määrittämisestä. Taulukon tuloksena saadaan painokertoimet eri ominaisuuksille. Ominaisuuden painoarvo on sitä suurempi mitä isompi on painokertoimen numero. (Koivisto ym. 251 – 253.)

Taulukko 2. Materiaalien ominaisuuksien painoarvotaulukko. (Koivisto ym. 2008, 252.)

| Ominaisuus | | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|-----------------------|---|---|----|---|----|---|----|---|---|---|
| kulumismekanismi | A | | AB | A | AD | A | 2A | A | A | A |
| mittapitävyys | B | | | B | D | B | B | G | B | B |
| saavutettava kovuus | C | | | | CD | E | C | G | C | C |
| lankasahattavuus | D | | | | | D | D | G | D | D |
| sitkeys | E | | | | | | E | G | E | I |
| lyhyet sarjakoot | F | | | | | | | G | H | I |
| keskipitkät sarjakoot | G | | | | | | | | G | G |
| pitkät sarjakoot | H | | | | | | | | | I |
| hintaa | I | | | | | | | | | |
| Yht./painokerroin | | 9 | 6 | 4 | 7 | 3 | 0 | 7 | 1 | 3 |

Vaatimukset ja ominaisuudet sovitetaan yhteen vertailulukujen avulla. Vertailuluvut lasketaan käyttämällä hyväksi vaatimus- ja ominaisuusprofiileissa saatuja arvoja. Kunkin materiaalin vaatimusta vastaavalle ominaisuudelle saadaan lukuarvo kertomalla ominaisuuden painokerroin materiaalin ominaisuuden lukuarvolla. Materiaalikohtainen vertailuluku on ominaisuuksien summa jaettuna valmistettava tuotteen kokonaiskustannuksella. Taulukossa 3. on kuvattu vertailuluvun laskennan periaate. Vertailuluku kuvaa materiaalin soveltuvuutta tarkasteltavana olevaan käyttökohteeseen. (Koivisto ym. 2008, 253.)

Taulukko 3. Vertailulukujen laskeminen. C_A , C_B ja C_C ovat tuotteen valmistuskustannukset materiaaleista A, B ja C. (Koivisto ym. 2008, 253.)

| Ominaisuuden painokerroin W_i | Ominaisuusprofiilista saatava materiaaliomi- naisuuden lukuarvo M_i | Materiaalien vertailuluvut (materiaalit) | | |
|---------------------------------------|--|---|-------------|-------------|
| | | A | B | C |
| W_1 | M_1 | W_1M_{1A} | W_1M_{1B} | W_1M_{1C} |
| W_2 | M_2 | W_2M_{2A} | W_2M_{2B} | W_2M_{2C} |
| W_3 | M_3 | W_3M_{3A} | W_3M_{3B} | W_3M_{3C} |
| | | | | |
| W_n | M_n | W_nM_{nA} | W_nM_{nB} | W_nM_{nC} |
| Vertailuluvut: | | $\sum_{i=1}^n W_i M_{iA} / C_A \quad \sum_{i=1}^n W_i M_{iB} / C_B \quad \sum_{i=1}^n W_i M_{iC} / C_C$ | | |

8 A-HELAT OY:n TYÖKALUTERÄSMATERIAALIEN VALINTA

A-helat Oy valmistaa muun muassa teräsnauhasta aihioleikkauslinjalla leikattavia sekä epäkeskopuristimilla työstettäviä metallituotteita. A-helat Oy suunnittelee tarvitsemansa työkalut ja valmistuttaa ne alihankintatyönä. Työkalujen valmistuksessa käytettävän teräsmateriaalin valinta on keskeinen terästuotteiden laadunvarmistusprosessin osa-alue. A-helat Oy:n käyttämät alihankintayritykset ostavat työkaluvalmistukseensa tarvitsemansa teräksen pääosin kahdelta eri työkaluterästoimittajalta – Uddeholm Oy Ab:ltä ja Sten & Co Oy Ab:ltä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitkä teräsmateriaalit soveltuvat parhaimmin A-helat Oy:n suunnittelemien työkalujen valmistamiseen, millainen valintaprosessi tuottaisi kokonaisedullisimman ratkaisun sekä minkälaisilla materiaalimerkinnöillä saavutettaisiin työkaluvalmistajasta riippumattomat työpiirustukset. Materiaalivalintoihin ja työpiirustusmerkintöihin vaikuttavien tekijöiden selvittämisessä käytettiin A-helat Oy:n käyttämien työkaluvalmistajien tärkeimpien työkaluterästoimittajien (Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy Ab) työkaluterästen tuotetietoja, materiaalivalintaohjeistuksia sekä työkaluteräksiä ja terästen normimerkintöjä koskevia standardeja. Työkaluterästen valinnan selvittämiseen tarvittava tekstimuo-
dossa oleva aineisto koottiin pääosin edellä mainittujen työkaluterästoimittajien Internet-sivuilta. Lisäksi työkalumateriaalien valintaan vaikuttavien seikkojen selvittelyä varten tehtiin neljä asiantuntijahaastattelua, joista kaksi oli työkaluterästoimittajien edustajia, yksi oli CNC-Tekniikka Oy:n tuotantopäällikkö työkaluvalmistajan edustajana ja yksi Fiskars-konserniin kuuluvan Inhan Tehtaat Oy Ab:n pitkäaikainen työkalusuunnittelija työkalusuunnittelun asiantuntijana.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan, millaista tutkimustietoa tämä opinnäytetyö on tuottanut. Toisin sanoen mitä seikkoja A-helat Oy:n tulisi huomioida suunnittelemisensa työkalujen valmistamisessa, niissä käytetyissä teräsmateriaalivalinnoissa sekä työpiirustusten materiaalimerkinnöissä.

8.1 Työkaluterästen valinta

Aihioleikkaimia ja epäkeskopuristityökaluja suunniteltaessa yksi tärkeä osa-alue on oikean materiaalivalinnan tekeminen työkalun toimivuutta ja kokonaisedullista hintaa tavoiteltaessa. Tutkimusaineiston mukaan työkalujen toimivuuteen vaikuttavia tekijöitä on kuitenkin materiaalivalinnan lisäksi useita. Tällaisia ovat esimerkiksi työkalun konstruktion suunnittelu, työkalun valmistus, lämpökäsittelyt, työstettävät materiaalit sekä huolto ja kunnossapito.

Molemmilla tässä opinnäytetyössä esillä olevalla työkaluterästoimittajalla (Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy Ab) on työkaluteräsvalikoimassaan kattava kokonaisuus erilaisia teräksiä, joista on mahdollista löytää toimivat materiaalit A-Helat Oy:n tarvitsemiin työkalusovelluksiin. Kyseisten toimittajien työkaluteräkset on nimetty kauppanimikkein, jotka ovat toimittajakohtaisia. Osalle kauppanimikkeistä löytyy normimerkintävastaavuus. Osa kauppanimikkeistä on sellaisia, joiden vastaavuus on ilmoitettu siten, että se on lähellä jotain normimerkintää ja kolmantena ryhmänä ovat teräkset, jotka ovat teräsvalmistajan oman tuotekehitysprosessin kautta kehitettyjä teräksiä, ilman normivastaavuutta.

Tämän opinnäytetyön aikana on selvinnyt, että materiaalien vertailu ilman normivastaavuutta on kirjallisen materiaalin pohjalta hankalaa. Vertailutaulukot on laadittu toimittajakohtaisesti eli materiaalien vertailu onnistuu ainoastaan kyseessä olevan toimittajan omien nimikkeiden kesken. Toimittajakohtaisia eroja löytyy myös vertailtavien ominaisuuksien sisällöissä. Merkittävin ero ominaisuuksissa on kulumiskestävyys. Uddeholm Oy Ab jakaa kulumiskestävyuden abrasiiviseen-, adhesiiviseen- ja sekakulumiseen, kun Stén & Co Oy Ab ilmoittaa ainoastaan kulumiskestävyuden yhtenä ominaisuutena. Uddeholmin mukaan kulumismekanismin on oleellinen vaikutus materiaalivalintaa tehtäessä. Toisaalta CNC-Tekniikka Oy:llä on Vuorenmaan (2012) mukaan hyviä kokemuksia esimerkiksi Stén & Co Oy Ab:n toimittaman K110-teräksen käytöstä moniin pistin- ja tyynysovelluksiin riippumatta kulumismekanismista. Tutkimusaineistossa on tullut laajasti esille kokemuksen tuoman tietämyksen merkitys eri materiaalien soveltuvuudesta erilaisiin työkalusovelluksiin.

Toimivan ja kokonaisedullisen työkalun tekemiseen liittyy materiaalivalinnan lisäksi joukko muitakin tekijöitä, kuten tässä luvussa aiemmin on kerrottu. Työkalun suunnitteluvaiheessa valittu työkalun konstruktio vaikuttaa voimakkaasti työkalun kestävyys, valmistettavuuteen ja kokonaiskustannuksiin. Konstruktion valinta voi vaikuttaa myös omalta osaltaan materiaalivalintaan siten, että esimerkiksi pistimien ja tyynyjen geometria asettaa vaatimukset käytettävän materiaalin kovuudelle/sitkeydelle tai materiaalin kiderakenteelle. Materiaalivalintaan vaikuttavat myös työkalun valmistettavuuteen liittyvät tekijät.

Tutkimuksen aikana esille tulleita valmistettavuuteen vaikuttavia tekijöitä olivat muun muassa valmistusmenetelmät sekä työkaluvalmistajan teettämät lämpökäsittelyt. Valmistusmenetelmien vaikutukset tulivat esille lähinnä kipinätyöstön asettamien vaatimusten kautta, jotka olivat materiaalin hyvä päästönkestävyys, mittapitävyys lämpökäsittelyssä sekä materiaalin tasainen kiderakenne. Työkaluterästen tuotetietojen perusteella oli selkeästi havaittavissa, että lämpökäsittelyihin liittyviä asioita olivat muun muassa lämpötilojen hallinta, karkaisumenetelmät, sammutusaineet/-menetelmät sekä hiilenkatoon vaikuttavat tekijät. Leikattavien/työstettävien materiaalien vaikutus työkalumateriaalin valintaan oli molempien (Uddeholm Oy Ab ja Stén & Co Oy Ab) työkaluterästoimittajien näkemyksen mukaan oleellinen tekijä valintaa tehtäessä.

Työstettävien materiaalien asettamat vaatimukset ovat molempien terästoimittajien mukaan yhtenä lähtökohtana materiaalivalinnan tekemiselle. Työstettävään materiaaliin liittyy muun muassa seuraavia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat käytettävän työkaluteräksen valintaan: kovuus, sitkeys, lujuus, karbidit/muut kovat partikkelit sekä ainevahvuus. Työkaluterästen valintaan vaikuttavat myös työstettävien kappaleiden sarjasuuruudet. Molemmilla toimittajilla on valikoimissaan eri luokkiin jaettuja teräksiä. Alemman luokan teräkset on tarkoitettu yleisteräksiksi muun muassa prototyökaluihin tai lyhyinä sarjoina tehtäville tuotteille. Keskimmäisen luokan teräkset on tarkoitettu keskipitkille tuotesarjoille ja parhaan luokan teräkset pitkille sarjoille. Teräkset on luokiteltu kokemukseen pohjautuvan sarjasuuruuksien mukaisesti. Lyhyillä sarjoilla tarkoitetaan alle 100 000 kpl:n sarjoja. Keskipitkät sarjakoot ovat 100 000 - 1 000 000 kpl ja pitkät sarjat vastaavasti yli miljoona kappaletta.

8.2 Materiaalivalinnan merkitys työkaluhuollon tarpeeseen

Tämän opinnäytetyön tuottaman selvityksen perusteella oikealla materiaalivalinnalla voidaan vaikuttaa työkaluhuollon ja erityisesti työkalujen teroituksen tarpeeseen. Tämä on A-Helat Oy:n näkökulmasta merkittävä tutkimustulos, koska A-Helat Oy:llä ei ole tällä hetkellä käytössään omaa työkaluhuoltoa. Vuorenmaan (2012) mukaan leikkaintyökalujen teroituksen oikea-aikaisuudella saavutetaan merkittävää etua työkalun keston, valmistettavien tuotteiden laatuun sekä toimintavarmuuteen. Parhaaseen tulokseen päästään teroittamalla työkalu niin usein, että pistimien ja tyynyjen pinnasta ei tarvitse poistaa hionnan yhteydessä kuin 0,1 - 0,4 mm materiaalia. Mikäli teroitusta ei suoriteta riittävän varhaisessa kulumisen vaiheessa, työkalurikot saattavat olla ennalta arvaamattomia ja hyvinkin tuhoisia työkalun kannalta. Molempien työkaluterästoimittajien materiaaliominaisuuksien vertailutaulukoista oli selkeästi havaittavissa eri laatuluokkiin kuuluvien terästen kulumiskestävyysien erot. Parempia teräslaatuja käytettäessä on mahdollista vaikuttaa teroituksen tarpeeseen, koska suhteellinen kulumisen on näillä aineilla noin kolme kertaa vähäisempää. Esimerkiksi jauhemetallurgisesti valmistettujen terästen kulumiskestävyttä on voitu parantaa suhteessa perinteisesti valmistettuihin työkaluteräksiin. Kulumiskestävyysparantuminen on toteutunut kuitenkin siten, että materiaalin sitkeys ei ole huonontunut.

Tutkimuksessa on tullut esille, että hallittu pistimien ja tyynyjen kulumisen on parempi vaihtoehto kuin se, että työkalumateriaalin liiallisella kovuudella yritetään parantaa kulumiskestävyttä. Ylimoitettu kovuus aiheuttaa pistimien ja tyynyjen lohkeilua tai halkeilua. Pistimien ja tyynyjen liiallinen kulumisen voi aiheuttaa samojen vauriomekanismien toteutumisen. Sekä lohkeilu, että halkeilu tapahtuvat ennakoimattomasti, jolloin laajempi työkalun vaurioituminen on todennäköistä ja pelkkä teroitus ei enää riitä vaan joudutaan vaihtamaan työkaluun uusia osia. Pahimmillaan koko työkalu voi rikkoutua ja kustannukset vastaavasti voivat nousta kohtuuttomiksi teroituskustannuksiin verrattuna.

8.3 A-Helat Oy:n käyttöön soveltuvat työkaluteräket

Materiaalien valintaan vaikuttavat monet tekijät. Käyttökokemusten osuus on valinnoissa merkittävä. A-Helat Oy:n käyttöön tarkoitettuun taulukkoon (julistettu salaiseksi) on koottu yrityksen työkaluihin soveltuvia työkaluteräksiä. Taulukon laatimisessa on käytetty hyväksi tämän opinnäytetyön tutkimustietoa sekä Uddeholm Oy Ab:n sekä Stén & Co Oy Ab:n internet-sivuilta löytyviä tuotetietoja sekä materiaalisuosituksia. Kyseisessä taulukossa ei ole esitetty kaikkia mahdollisia materiaaleja, jotka soveltuisivat A-Helat Oy:n käyttöön vaan taulukon tarkoituksena on kuvata lähtökohtaisten materiaalien valikoima eri käyttötarkoituksiin. Kuten tässä tutkimuksessa on monessa yhteydessä viitattu käyttökokemuksen tuomaan tietoon, voidaan materiaalivalintojen jatkokehitystyö toteuttaa kokemusten karttuessa taulukon lähtötietojen perusteella. Normivastaavuudet ovat materiaalitoimittajien ilmoittamia vastaavuuksia.

8.4 Valintaprosessin toteuttaminen

Tämän opinnäytetyön luvussa 7. kuvattu materiaalien valintaprosessi olisi sovellettavissa A-Helat Oy:n tarpeisiin, mutta se olisi raskas käyttää sellaisenaan. Materiaalien valintaan vaikuttavat merkittävästi materiaalien käytön aikaiset kokemukset erilaisissa työkalusovelluksissa, joten valintaprosessiin liittyvien ominaisuusprofiilien luominen tapauskohtaisesti olisi arvailua vähäisestä materiaalien käyttökokemuksista johtuen. Kokemusten kerääminen on vuosia kestävä prosessi, joka edellyttää suunniteltujen työkaluosien aukotonta käytön seuranta tuotannossa. Tuotannossa käytettävien työkalujen ja niiden aktiiviosien tarkat materiaalitiedot, koivuudet, valmistusmenetelmät, pistimien ja tyynyjen välykset ja lämpökäsittelyt tulisi olla tarkasti dokumentoituina, jotta seurannasta ja työkalujen vaurioista saatava tieto olisi kattavasti hyödynnettävissä.

Materiaalitoimittajien käyttökohdesuosittelusten ymmärtäminen ja soveltaminen ovat avainasemassa käyttökokemusten puuttuessa. Kokemuksiin perustuvaa valintaa puoltaa myös käyttöolosuhteiden tuntemuksen vaikutus, johon valintasuosittelut eivät ota tarkemmin kantaa. Samoin työstettävien materiaalien ominaisuuksien

vaikutusten huomioiminen, joka on yrityskohtainen, tulee ajankohtaiseksi vasta käyttökokemusten perusteella.

8.5 Työpiirustusten materiaalimerkinnot

Materiaalimerkintöjen tekeminen työpiirustuksiin siten, että ne olisivat työkaluvalmistajasta riippumattomia, on hankalaa. Normimerkintöjen (materiaalinumero/EN-standardin mukainen merkintä) käytöllä ei kaikilta osin voida varmistaa halutun teräksen käyttöä. Tiettyjen työkalujen osalta normimerkintöjen käyttö on mahdollista, mutta toiminnallisesti kriittisten työkaluosien kohdalla materiaalin valinnan merkitys korostuu ja tavoitteiden saavuttaminen edellyttää kauppanimikkeiden käyttöä. Kuten aiemmin on mainittu, materiaalien valintaan liittyvä kokemus ja ennen kaikkea materiaalien käytön kokemus on avainasemassa materiaalivalintoja tehtäessä. Kokemuksen kartuttaminen normimerkintöjen käytön yhteydessä ei ole mahdollista riittävän tarkasti.

Tutkimuksen aikana on tullut esille muun muassa normimerkintöjen seosaineanalyysien raja-arvojen laajempi liikkumavara suhteessa esimerkiksi Uddeholm Oy Ab:n käyttämiin raja-arvoihin. Mikäli käytetään normimerkintöjä, voi materiaalin seostus olla ensimmäisellä toimituskerralla raja-arvojen alapäässä, kun seuraavan toimituksen yhteydessä se voi vastaavasti olla raja-arvojen yläpäässä. Molemmissa tapauksissa materiaali täyttää normimerkintää vastaavat vaatimukset, mutta kyseisestä materiaalista valmistettu tuote on kuitenkin kestävyydeltään erilainen. Lisäksi on mahdollista, että saman normimerkinnän omaavien materiaalien lämpökäsittelyohjeissa tai käyttäytymisessä lämpökäsittelyn yhteydessä on eroja, jotka omalta osaltaan vaikuttavat lopputuotteeseen.

Tutkimuksen mukaan paras vaihtoehto A-Helat Oy:n tavoitteiden täyttämiseksi on käyttää piirustusten materiaalimerkinnoissa terästoimittajakohtaisia kauppanimimerkintöjä. Käytännössä työkaluosan työpiirustuksiin merkittäisiin molempien terästoimittajien sellainen materiaalivaihtoehto, joka olisi olemassa olevaan valintatietoon perustuen paras. Toinen mahdollisuus on valita työkaluvalmistaja halutun terästoimittajan mukaisesti. Siinä tapauksessa tarjouskyselyiden tekeminen ei olisi

kuitenkaan yksiselitteistä ja se sitoisi työkalujen valmistamiseen liittyvät tarjouskyselyt vain tiettyihin työkaluvalmistajiin.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut hyvin opettavaista. Materiaalituntemus on lisääntynyt ja uusien materiaalien käyttömahdollisuudet erilaisissa työkalusovelluksissa on laajentanut näkemyksiä A-Helat Oy:n työkalusuunnittelun näkökulmasta. Materiaalien oikea valinta on tärkeä osa suunniteltaessa aihioleikkain- ja epäkeskopuristintyökaluja. Oikea materiaalivalinta ei kuitenkaan takaa sitä, että saavutetaan toimiva ja kokonaisedullinen työkalusovellus. Myös työkalun konstruktiossa, valmistuksessa, lämpökäsittelyssä, työkaluhuollon järjestämisessä ja työstettävän materiaalin vaikutusten ymmärtämisessä on onnistuttava. Työkalumateriaalien kehitys on melko nopeaa. Perinteisillä työkaluteräksillä on mahdollista päästä kohtuullisiin lopputuloksiin, mutta kehityksen seuraaminen ja uusien mahdollisuuksien ymmärtäminen ovat merkittävässä asemassa suunniteltaessa uusia, kokonaisedullisempia työkaluja.

Materiaalivalinnan tekemisessä ei ole olemassa yhtä oikeaa ratkaisua. Toisin sanoen kirjalliseen materiaalitietoihin pohjautuvan valinnan kautta saadaan käyttökohdesovelluksesta riippuen muutamia materiaalivaihtoehtoja, joiden lopullinen toimivuus ilmenee vasta kokemuksen myötä. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena olleen valintatyökalun tekeminen ei ollut vielä tässä vaiheessa järkevää, koska valintaan vaikuttavat sellaiset ennakoimattomat tekijät, joiden selvittämiseen tarvitaan materiaalien käyttökokemuksiin perustuvaa tietoa. Siitä syystä A-Helat Oy:n tavoitteena on jatkossa dokumentoida työkalujen käytön seuranta siten, että materiaalien valintaa voidaan tarkentaa myöhemmin laadittavaa valintatyökalua hyödyntäen uusia työkaluja suunniteltaessa. Työkalujen rikkoutumiset, niiden syyt ja huollon tarpeet on pystyttävä kirjaamaan mahdollisimman hyvin käytettyjen työkalumateriaalien analysoimiseksi ja valintojen edelleen kehittämiseksi.

Tutkimuksen aikana perehdyttiin kahden työkaluterästoimittajan kirjallisiin materiaaleihin. Molempien toimittajien tarjoamat työkaluteräsvaihtoehdot olivat kattavia A-Helat Oy:n tarpeiden näkökulmasta. Kokonaisedullisen työkalusovelluksen tekemiseen riittäisi toisen toimittajan valikoimiin keskittyminen. Uusia haasteita toisi kuitenkin työkaluvalmistajien kilpailutuksen hankaloituminen.

LÄHTEET

A-Helat Oy. 2012. Yrityksen sisäiset asiakirjat. Ei julkaistu.

Fibro GmbH. 2012. Standard Parts. [Verkkosivusto]. [Viitattu 21.2.2012].
Saataavissa: www.fibro.de

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P., & Tuomikoski, J.
2006. Konetekniikan materiaalioppi. 10. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lindfors, L. Myyntipäällikkö. Uddeholm Oy Ab. <xxx.xxx@xxx.fi> 9.2.2012.
Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköposti]. Vastaanottaja: Asko
Niinimäki. [viitattu 15.2.2012].

Mäenpää, V. 2012. Työkalusuunnittelija. Inhan Tehtaat Oy. Haastattelu 13.2.2012.

Oy Suomen EDM Ab. 2012. [Verkkosivusto]. [Viitattu 21.2.2012]. Saataavissa:
www.suomenedm.fi.

Raaka-ainekäsikirja osa 1. 2001. Muokatut teräkset. 3. uudistettu painos. Helsinki:
Metalliteollisuuden Kustannus Oy

SFS-EN ISO 4957. 1999. Työkaluteräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 10027-1. 2005. Terästen nimikejärjestelmät. Osa 1: Terästen nimikkeet.
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 10027-2. 1993. Terästen nimikejärjestelmät. Osa 2: Numeerinen
järjestelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Sten, J. 2012. Toimitusjohtaja. Stén & Co Oy. <xxx.xxx@xxx.fi> 14.2.2012.
Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja:
Asko Niinimäki. [Viitattu 15.2.2012].

Stén & Co Oy Ab. 2012. [Verkkosivusto]. [Viitattu 20.2.2012]. Saataavissa:
www.sten.fi.

Uddeholm Oy Ab. 2011. Tuoteluettelo nro 4.

Uddeholm Oy Ab. 2012. Kylmätyöteräkset. [Verkkosivusto]. [Viitattu 15.2.2012].
Saataavissa: <http://www.uddeholm.fi/finnish/1080.htm>.

Vuorenmaa, M. 2012. Tuotantopäällikkö. CNC-Tekniikka Oy. Haastattelu
9.3.2012.

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki tuotekortista; UDDEHOLM SVERKER 21. (Uddeholm Oy Ab 2012, [viitattu 23.4.2012].)



UDDEHOLM SVERKER 21

1 (4)
26.10.2010

Yleistä

Uddeholm Sverker 21 on runsashiilinen kromi/molybdeeni/varadiini-seosteinen kylmätyöteräs, jonka ominaisuuksia ovat:

- hyvä kulumiskestävyys
- suuri puristuslujuus
- hyvät läpikarkenevuusominaisuudet
- hyvä mitanpitävyys karkaisussa
- hyvä päästönkestävyys

| Ohjeanalyysi % | C | Si | Mn | Cr | Mo | V |
|----------------|------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|
| | 1,55 | 0,3 | 0,4 | 11,8 | 0,8 | 0,8 |
| Normimerkintä | AISI D 2, W-Nr. 1.2379 | | | | | |
| Toimitustila | pehmeäsihekkutettu n. 210 HB | | | | | |
| Värimerkintä | keltainen/valkoinen | | | | | |

Käyttökohteet

Uddeholm Sverker 21 kylmätyöterästä suositellaan työvälineisiin, jotka vaativat erittäin hyvää kulumiskestävyyttä sekä kohtuullista sitkeyttä (äkilliset kuormitukset), esimerkiksi ohuiden, kovien materiaalien lävistys- ja leikkaustyövälineisiin, suurten sarjojen puristintyövälineisiin, muotoilutyövälineisiin sekä keramiikan ja kuluttavien muovien muotteihin. Tämän lisäksi Uddeholm Sverker 21 soveltuu myös paksujen, kovien materiaalien leikkaukseen sekä muovaustyövälineisiin, joihin kohdistuu taivutettavaa ja iskumaista kuormitusta.

Uddeholm Sverker 21 toimitetaan kuumavalssattuna, karkaskoneistettuna ja esikoneistettuna, sekä reiällisinä kankina.

Leikkaus

| | Materiaalin paksuus | Materiaalin kovuus | |
|---|---------------------|--------------------|----------|
| | | 180 HRC | >180 HRC |
| Työvälineet | | | |
| Leikkaus, hieno leikkaus | <3 mm | 60–62 | 58–60 |
| Lävistys, reiätys, leikkaus, katkaisu, purseenpoisto | 3–6 mm | 58–60 | 54–56 |
| Lyhytkuiset leikkurinterät, muovijätteen silppurinterät, granulointerät | | | 56–60 |
| Pyöröterät | | | 58–60 |
| Taottujen aihoiden purseenpoisto työkalut: | | | |
| kuumana | | | 58–60 |
| kylmänä | | | 56–58 |
| Puujyrsimet, kalvaimet ja tuurnat | | | 58–60 |

Muovaus

| | |
|--|----------------|
| Työvälineet | HRC |
| Taivutus, muovaus, syväveito, särmäys, vabsaus, painosorvaus ja venytys muovaus | 56–62 |
| Korkomeistit | 56–60 |
| Kylmäpuristustyövälineet, meistit | 58–60 56–60 |
| Putki- ja profiilivaalit | 58–62 |
| Työvälineet keramiikan, tiilen, kaakelien, hiomakivien ja kuluttavien muovien muovaamiseen | 58–62 |
| Kierrelaust | 58–62 |
| Kylmäpuristustyövälineet | 56–60 |
| Varasamurskaimet | 56–60 |
| Tyssästyövälineet | 56–60 |
| Mittatulkit, mittausvälineet, ohjauksiskot, holkit, lusitit, pyällykset, hiekkapuhallussuuttimet | 58–62 |

Ominaisuudet

Fysikaaliset ominaisuudet

Karkaistu ja päästetty 62 HRC kovuuteen. Arvot huoneenlämpötilassa ja korotetuissa lämpötiloissa.

| Lämpötila | 20 °C | 200 °C | 400 °C |
|--|---------|--|----------------------------|
| Tiheys kg/m ³ | 7 700 | 7 650 | 7 600 |
| Lämpölaajenemis kerroin - alhaisessa päästölämpötilassa per °C, 20 °C -> - korkeassa päästölämpötilassa per °C, 20 °C -> | – | 12,3 x 10 ⁻⁶ 11,2 x 10 ⁻⁶ | – 12 x 10 ⁻⁶ |
| Lämmönjohtavuus W/m °C | 20,0 | 21,0 | 23,0 |
| Kimmo moduuli N/mm ² | 210 000 | 200 000 | 180 000 |
| Ominaislämpö J/kg °C | 460 | – | – |

Puristuslujuus

Annetut arvot ovat viitteellisiä.

| Kovuus HRC | Tyssäysraja Rc0,2 N/mm ² |
|------------|-------------------------------------|
| 62 | 2200 |
| 60 | 2150 |
| 55 | 1900 |
| 50 | 1650 |



UDDEHOLM SVERKER 21

2 (4)
26.10.2010

Lämpökäsittely

Pehmeäksihehkutus

Suojaa teräs hiilenkadolta ja läpikuumentaa 850 °C:seen. Jäähdytä tämän jälkeen uunissa 10°C/h 650 °C:seen ja sen jälkeen vapaasti ilmassa.

Jännitystenpoistohehkutus

Läpikuumentaa työväline rauhintyöstön jälkeen 650 °C:seen, pitoaika 2 h. Jäähdytä hitaasti 500 °C:seen ja sen jälkeen vapaasti ilmassa.

Karkaisu

Esikuumennuslämpötila: 650–750 °C

Austenointilämpötila: 990–1050 °C, tavallisesti 1000–1040 °C

| Lämpötila °C | Pitoloika*) min | Kovuus ennen päästöä HRC |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| 990 | 60 | n. 63 |
| 1010 | 45 | n. 64 |
| 1030 | 30 | n. 65 |

*) Pitoloika = aika karkaisu lämpötilassa sen jälkeen, kun työväline on näysin läpikuumentunut

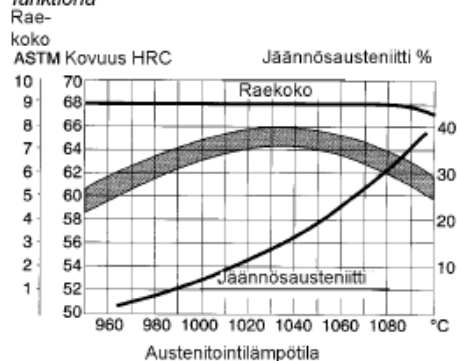
Suojaa työväline hiilenkadolta ja hapettumiselta karkaisun aikana.

Sammutusaineet

- öljy (vain muodoiltaan yksinkertaiset työkalut)
- alipaine (sammutuskaasu ylipaineella)
- kiertoilma/kaasu
- kuumakylpykarkaisu tai leijupatja 180–500 °C, jonka jälkeen jäähdytys ilmassa

Huom. Päästä työkalu heti, kun lämpötila on laskenut 50–70 °C:seen. Uddeholm Sverker 21 läpikarkenee kaikissa vakioomitoissa.

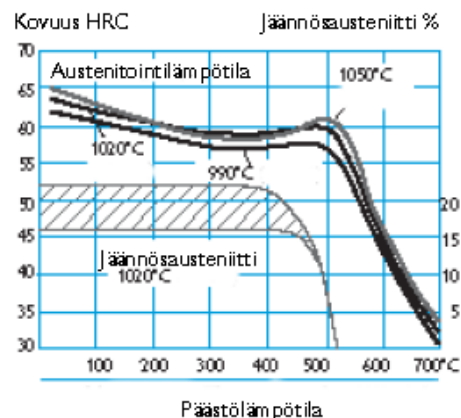
Kovuus austenointilämpötilan funktiona



Päästö

Valitse päästölämpötila päästökäyrästä halutun kovuuden mukaan. Päästä kaksi kertaa ja jäähdytä päästöjen välillä huoneenlämpötilaan. Alhaisin päästölämpötila on 180 °C. Pitoloika päästölämpötilassa vähintään 2 h.

PÄÄSTÖKÄYRÄSTÖ





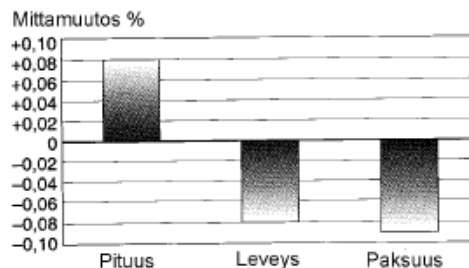
UDDEHOLM SVERKER 21

3 (4)
26.10.2010

Mittamuutokset karkaisussa

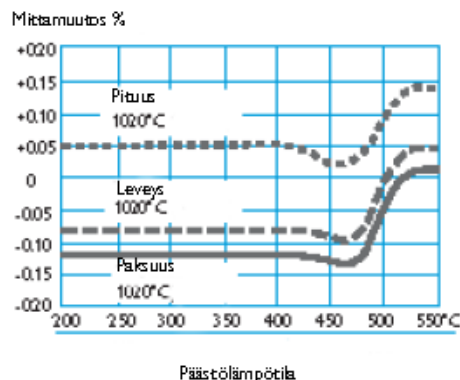
Lämpökäsittely: austenointilämpötila 1020 °C, 30 min, jäähdytys alipaineuunissa, sammutuskaasu 2 barin ylipaineella. Päästö eri lämpötiloissa 2 x 2 h.

Koekappale: 80 x 80 x 80 mm



Huom! Suositeltava työstövara 0,15 %.

Mittamuutokset päästössä



Huom! Karkaisussa ja päästössä tapahtuneet mittamuutokset on laskettava yhteen. Suositeltava vara 0,15 %.

Pakaskarkaisu

Osat, joilta vaaditaan suurinta mahdollista mitanpitävyyttä on pakaskarkaitava, jotta ehkäistään myöhemmin tapahtuvat tilavuuden muutokset. Tämä koskee esimerkiksi mittavälineitä, kuten mittatulkkeja ja tiettyjä rakennneosia.

Välittömästi sammutuksen jälkeen kappale on pakaskarkaitava -70...-80 °C:seen (pitoaika 3-4 h), jonka jälkeen päästö. Pakaskarkaisu lisää kovuutta 1-3 HRC. Kappaleessa tulisi välttää monimutkaisia muotoja halkeamisriskin vuoksi.

Vanhennus suoritetaan 110-140 °C:ssa, pitoaika 25-100 h.

Typetys ja hiilitypetys

Typetyksellä saadaan aikaan kova pintakerros, joka kestää hyvin kulumista ja eroosiota ja lisää korroosionkestävyyttä. Typetys 525 °C:ssa antaa noin 1250 HV_{0,05} pintakovuuden.

| Typetys- lämpötila °C | Typetys- aika h | Typetyskerroksen paksuus mm |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 525 | 20 | 0,25 |
| 525 | 30 | 0,30 |
| 525 | 60 | 0,35 |

2 tunnin hiilitypetys 570 °C:ssa antaa noin 950 HV_{0,05} pintakovuuden. Typetysvyvyys on tällöin 10-20 µm. Arvot koskevat karkaistua ja päästettyä materiaalia.

Lastuamisohteet

Alla olevat lastuamisanosuositukset ovat ohjeellisia ja ne on sopeutettava kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin.

Sorvaus

| Lastuamis- parametrit | Sorvaus kovemetallilla | | Sorvaus pikateräksellä, hienosorvaus |
|--|------------------------|--------------|--|
| | Karkeasorvaus | Hienosorvaus | |
| Lastuamisnopeus (V _c) m/min | 100-150 | 150-200 | 12-15 |
| Syöttö (f) mm/kierros | 0,2-0,4 | 0,05-0,2 | 0,05-0,3 |
| Lastuamisyvyys (a _p) mm | 2-6 | -2 | -2 |
| Työstöryhmä ISO | K5-K20* | K5-K20* | - |

*) Käyttö kulumista kestävästä Al₂O₃-pinnoitetusta kovemetallilla.

Poraus

PIKATERÄSKIERUKKAPORAT

| Poran halkaisija mm | Lastuamisnopeus (V _c) m/min | Syöttö (f) mm/kierros |
|------------------------|--|--------------------------|
| -5 | 10-12* | 0,05-0,15 |
| 5-10 | 10-12* | 0,15-0,20 |
| 10-15 | 10-12* | 0,20-0,25 |
| 15-20 | 10-12* | 0,25-0,35 |

*) Pinnoitetulle pikateräsporalle V_c = noin 18-20 m/min



UDDEHOLM SVERKER 21

 4 (4)
 26.10.2010

KOVAMETALLIPORAT

| Lastuamis- parametrit | Poratyyppi | | |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | Kääntöterä | Täyskovame- tallipora | Kovametallipora ¹⁾ |
| Lastuamis- nopeus (V_c) m/min | 130–150 | 70–90 | 35–45 |
| Syöttö (f) mm/kiertos | 0,05–0,25 ²⁾ | 0,10–0,25 ²⁾ | 0,15–0,25 ²⁾ |

1) Irrotettava tai juotettu.

2) Riippuen poran halkaisijasta.

Jyrsintä

TASO- JA KULMAJYRSINTÄ

| Lastuamis- parametrit | Jyrsintä kovametallilla | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Karkea- jyrsintä | Hieno- jyrsintä |
| Lastuamisnopeus (V_c) m/min | 90–130 | 130–180 |
| Syöttö (f_z) mm/hammas | 0,2–0,4 | 0,1–0,2 |
| Lastuamissyvyys (a_p) mm | 2–4 | –2 |
| Työstöryhmä ISO | K20, P20* | K20, P20* |

*) Käytö kuluusta kestävä Al_2O_3 -pinnoitettu kovametalli.

TAPPIJYRSINTÄ

| Lastuamis- parametrit | Jyrsintyyppi | | |
|---|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | Täyskovame- talli | Kovametalli- kääntöterä | Pikateräs |
| Lastuamis- nopeus (V_c) m/min | 70–100 | 80–110 | 12–17 ¹⁾ |
| Syöttö (f_z) mm/hammas | 0,03–0,20 ²⁾ | 0,08–0,20 ²⁾ | 0,05–0,35 ²⁾ |
| Työstöryhmä ISO | – | K15–K20 ³⁾ | – |

1) Pinnoitetulle pikateräsjyrsimelle $V_c = \text{noin } 25\text{--}30 \text{ m/min}$.

2) Riippuen radiaalisen lastuamissyvyydestä ja jyrsimen halkaisijasta.

3) Käytö kuluusta kestävä Al_2O_3 -pinnoitettu kovametalli.

Hionta

Alla olevassa taulukossa on esitetty yleisluonteisia hiomalaikkasuosituksia. Lisätietoja löytyy Uddeholmin julkaisusta "Työkaluterästen hionta".

| Hiontamenetelmä | Pehmeäsi- hehkutettu teräs | Karkaistu teräs |
|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Täso hionta suoralla laikalla | A 46 HV | B151 R75 B3 ¹⁾ A 46 GV ²⁾ |
| Segmenttihilonta | A 24 GV | 3SG 36 HV ²⁾ A 36 GV |
| Pyöröhilonta | A 46 LV | B126 R75 B3 ¹⁾ A 60 KV ²⁾ |
| Sisäpuolinen hionta | A 46 JV | B126 R75 B3 ¹⁾ A 60 HV |
| Muotohilonta | A 100 LV | B126 R100 B6 ¹⁾ A 120 JV ²⁾ |

1) Mikäli mahdollista, käytä CBN laikkoja.

2) Suositellaan hiomalaikkas, jossa on sintrattua Al_2O_3 .

Hitsaus

Hitsaus onnistuu hyvin noudattamalla ko rotettua lämpö-tilaa, railonvalmistusta, hitsausainetta ja -menetelmää koskevia suosituksia. Työvälineet, jotka kiillotetaan tai fotosyövytetään on hitsattava seostukseltaan vastaavalla hitsausaineella.

| Hitsaus- menetelmä | Työ- lämpötila | Hitsausaine | Kovuus hitsauksen jälkeen HRC |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|--|
| MMA (SMAW) | 200–250 °C | konel 625-tyyppi | 280 HB |
| | | UTP 67S | 55–58 |
| | | Castolin Eutec Trode 2 | 56–60 |
| | | Castolin Eutec Trode 6 | 59–61 |
| TIG | 200–250 °C | konel 625-tyyppi | 280 HB |
| | | UTPA 73G2 | 53–56 |
| | | UTPA 67S | 55–58 |
| | | UTPA 696 | 60–64 |
| | | Casto Tig 45303VV | 60–64 |

Kipinätyöstö

Jos kipinätyöstö tehdään karkaistulle ja päästetylle materiaalille, työväline on päästettävä vielä kerran lämpötilassa, joka on noin 25 °C alaisempi kuin edellinen päästölämpötila.